



## Egens sundhedsproblemer på grundvandsnære jorde

Callesen, Ingeborg; Jørgensen, Bruno Bilde; Fischer, Lene; Larsen, Hanne Marie Ellegård; Ravn, Hans Peter; Susgaard Filsø, Stinna; Bjerager, Per Eduard Robert; Thomsen, Iben Margrete

*Publication date:*  
2017

*Document version*  
Også kaldet Forlagets PDF

*Citation for published version (APA):*  
Callesen, I., Jørgensen, B. B., Fischer, L., Larsen, H. M. E., Ravn, H. P., Susgaard Filsø, S., Bjerager, P. E. R., & Thomsen, I. M. (2017). *Egens sundhedsproblemer på grundvandsnære jorde*. IGN Rapport



# Egens sundhedsproblemer på grundvandsnære jorde

Ingeborg Callesen, Bruno Bilde Jørgensen, Lene Fischer, Hanne Marie Larsen, Hans Peter Ravn, Stinna Susgaard Filsø, Per Bjerager og Iben Margrete Thomsen

**Titel**

Egens sundhedsproblemer på grundvandsnære jorde

**Forfattere**

Ingeborg Callesen, Bruno Bilde Jørgensen, Lene Fischer, Hanne Marie Larsen, Hans Peter Ravn, Stinna Susgaard Filsø, Per Bjerager, Iben Margrete Thomsen

**Bedes citeret**

Ingeborg Callesen, Bruno Bilde Jørgensen, Lene Fischer, Hanne Marie Larsen, Hans Peter Ravn, Stinna Susgaard Filsø, Per Bjerager og Iben Margrete Thomsen (2017): Egens sundhedsproblemer på grundvandsnære jorde. IGN Rapport, september 2017, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Frederiksberg. 90 s. ill.

**Udgiver**

Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning  
Københavns Universitet  
Rolighedsvej 23  
1958 Frederiksberg C  
ign@ign.ku.dk  
www.ign.ku.dk

**Ansvarshavende redaktør**

Claus Beier

**ISBN**

978-87-7903-769-4 (web)

**Omslag**

Jette Alsing Larsen

**Forsidefoto**

Ingeborg Callesen

**Publicering**

Rapporten er publiceret på [www.ign.ku.dk](http://www.ign.ku.dk)

**Gengivelse er tilladt med tydelig kildeangivelse**

Skriftlig tilladelse kræves, hvis man vil bruge instituttets navn og/eller dele af denne rapport i sammenhæng med salg og reklame

## Forord

Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning (IGN) ønskede at afdække sandsynlige årsager til den observerede variation i egens sundhed i årene efter år 2000 frem mod år 2014 og eventuelle sammenhænge med variation i vækstmiljøet, skadevoldere, frugtsætning og driftstekniske dispositioner, herunder hugst, kørsel og vedligehold af grøfter. Formålet var at afklare om den observerede forringede sundhed er forbigående eller en permanent tilstandsændring, som kræver udvikling af nye skovdykningsstrategier.

Rapporten er praksis- og rådgivningsorienteret og rettet mod skovdyrkere, der dyrker eg og andre forvaltere af egebevoksninger og enkelstående egetræer. Undersøgelsens design og bearbejdningen af resultaterne følger dette fokus. Projektet er finansieret af Miljø og Fødevareministeriet, Miljøstyrelsen (indtil 1. februar 2017 SVANA), Praksisnære forsøg, projekt journal nummer NST-3376-00121.

Projektejer:

*Forsker Ingeborg Callesen*

Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet

Projektpartnere:

Bregentved skovdistrikt, Bregentved, Koldinghus Allé 1, 4690 Haslev

*Skovfoged Jesper Hvid Jørgensen*

Svenstrup Gods, Borupvej 94, 4140 Borup og

Giesegaard, Giesegårdvej 72, 4100 Ringsted,

*Skovfoged Claus Løvendahl*

Vemmetofte Kloster, Vemmetoftevej 42, 4640 Faxe,

*Godsdirektør Leif J. Madsen og skovfoged Jan Ebbensgaard*



## Indholdsfortegnelse

Forord.....	3
1. Summary.....	6
2. Sammendrag.....	7
3. Introduktion.....	8
3.1 Indledende besigtigelse af egesundhed i 2014 .....	8
3.2 Ændrede rammevilkår for skovbrug som følge af klimatiske ændringer .....	11
4. Formål.....	13
5. Metode .....	14
6. Resultater af skovøkologiske undersøgelser .....	16
6.1 Undersøgelse af syge og sunde egebevoksninger på Sydøstsjælland.....	16
6.2 Beløvning og sundhed set fra luften.....	19
6.3 Landskabskarakteristika, jordbundstyper og dræningsklasse.....	20
6.4 Synlig deformering af jordbunden efter maskinel skovning og transport .....	23
6.5 Underetage og bundflora .....	24
6.6 Terrænanalyse og afløbsløse lavninger (bluespots) .....	25
6.7 Vandstandsmåling i rodzonen i udvalgte bevoksninger i 2015-17 .....	28
6.8 Nedsivningstest til bestemmelse af hydrauliske forhold i underjorden .....	32
6.9 Forekomst af biotiske skadevoldere.....	35
6.10 Observationer af syge bevoksninger i andre dele af Danmark .....	41
6.11 Delkonklusion om vækst, sundhed og lokalitetsfaktorer .....	43
7. Resultater af historisk analyse af klimadata, vækst og sundhed i eg .....	47
7.1 Udvikling i årsnedbør og sommernedbør fra 1874-2016 .....	47
7.2 Sommernedbør og ekstremregnhændelser for Midt- og Sydsjælland.....	48
7.5 Tilvækst belyst ved årringsanalyser i QY .....	52
7.6 Langsigtet forsøg med pejling af grundvandsstand – et vidnesbyrd om brugen af maskiner til skovning og udkørsel? .....	53
7.7 Delkonklusion vedr. udvikling i nedbør, vandstand, skovteknisk udvikling og vækst .....	59
8. Simulering af jordens vandindhold for forskellige grader af jordkomprimering og afløvning.....	60
9. Diskussion, konklusion og anbefalinger til praksis .....	67
9.1 Driftsstrategier for overvejende sunde egebevoksninger .....	69
9.2 Driftsstrategier for usunde egebevoksninger.....	69

9.3 Risikovurdering ved bluespotkort fra kortforsyningen.dk .....	71
10. Afslutning og konklusion .....	73
11. Referencer .....	74
Appendix A. Møder, publikationer og præsentationer .....	76
Appendix B. Bluespotkort og måling af vandstand i pejlerør i 2016-2017 .....	78

## 1. Summary

In the years from 2007 to 2014 a fast progressing decline in foliation and health was observed in middle-aged oak tree stands, mainly in Southeastern Denmark. Foresters reported the death of individual trees (up to 10%, and locally more) and the decline syndrome was also observed in two long-term oak thinning experiments, which had previously been healthy. It was hypothesized that precipitation increase and pattern change was involved in the decline through water stress caused by occasionally rising water tables killing fine roots. Stressed trees would be less resistant to attacks from biotic pests and pathogens. Insect defoliations would reduce interception in tree crowns and cause water saturation in poorly drained soils. The possible presence of *Phytophthora*, including *P. ramorum*, was investigated in stem bleeds from unhealthy trees, but was not found. Similarly, the presence of oak buprestid beetle, *Agrilus biguttatus*, was investigated, but only *A. sulcicollis* was discovered, and this bark beetle is considered to be a secondary colonizer of dead or dying oak trees. Honey fungus (*Armillaria* sp.) was present in weakened trees and undoubtedly contributed to individual tree death.

An investigation focused on site factors in healthy and unhealthy (22 altogether) stands at four forest estates in Southeastern Denmark. Soils in the area were typically developed as Cambisols from calcareous lodgement till and melt-out till, mostly with signs of poor drainage.

Healthy and unhealthy stands had different site properties. As expected, unhealthy stands had a relatively low position in the landscape, and the parent materials were more often lodgement till with clay loam texture or lacustrine clay loam in contrast to healthy stands located on melt-out tills in slightly more sloping terrains. The water table in unhealthy stands was fluctuating in response to rain events within one meter depth in contrast to healthy stands with a steadily declining water table throughout the growing season. Water table increases in the wet summers 2007, 2010 and 2011 were not directly monitored. Water table rise during those years could be confirmed by a long term monitoring of water tables in a ditching experiment in the study area. The data and simulations indicated that water saturation and lack of aeration was the main cause of the oak health decline in Southeastern Denmark. A few unmanaged, semi-natural oak stands on apparently well-drained sandy soils in sloping terrain in Western Jutland were also affected. The cause on those areas is unknown, and therefore, the presence of biotic pests along with soil drainage conditions should be further monitored in the years to come.

## 2. Sammendrag

Egebevoksningers sundhedstilstand og vækst kan variere fra år til år i takt med udsving i nedbør og temperatur og i samspil med bestande af skadevoldere, som fx afløver træerne eller på anden måde angriber svækkede træer. Efter år 2000 og særligt i perioden 2007 til 2014 blev der observeret en hurtigt fremskridende svækkelse og død blandt træer spredt i en del egebevoksninger landet over, fra Jylland over Lolland til Sydøstsjælland.

Jordens dræningstilstand er en nøgelfaktor for egens sundhed, selvom den ofte dyrkes på dårligt drænet jord, som er grøftet. Projektets primære hypotese var derfor, at klimatiske forandringer med stigende og mere svingende nedbørsmængder kunne være en forklaring på de observerede pludselige skader. Fire deltagende distrikter udpegede hver tre usunde og tre sunde bevoksninger, som blev genstand for en lokalitetsanalyse samt måling af vandstand i 2015 til 2017.

Forekomst af *Phytophthora*, herunder europæisk visneskimmel, *P. ramorum*, blev undersøgt i slimflåd på syge egetræer, men blev ikke fundet. To-plettet ege-pragt bille (*Agrilus biguttatus*), som er ny i Danmark, blev eftersøgt, men ikke fundet af KU's forskere. Et enkelt individ blev fundet på Vemmetofte.

Fremkomsten af nye alvorlige patogene arter kan alligevel ikke udelukkes, da patogene bakterier er fundet på skrantende ege i England. Honningsvamp (*Armillaria* sp.) og den hjemmehørende art stor egepragt bille (*A. sulcicollis*) var almindeligt forekommende på døde og døende træer, men anses som sekundære.

Det blev vist, at der var tydelige kontraster mellem lokaliteterne. Usunde bevoksninger lå lavt i landskabet, beliggende på leret udgangsmaterialer afsat af bundmoræne eller bundfældet som issøler, og havde ofte en kraftigt udviklet græsflora og en vandstand i august måned indenfor 100 cm, som fluktuerede med nedbøren. Kørsplan var tydelige på skygge kort af digitale højdemodeller, bl.a. som følge af nylige skovninger, men også fordi disse jorde overordnet set har lavere bæreevne. Selvom der er tale om små niveauforskelle i et overvejende fladt morænelandskab, var sunde bevoksninger ofte beliggende i de let kuperede, øvre dele af terrænet, fx små randmoræner eller dødis med uds meltingstill.

Aktuelle målinger af vandstand i et udsnit af bevoksningerne og i et langsigtet forsøg med afvanding i Ganneskov, Bregentved (EE) viste høj vandstand i nedbørsrige år og efter sommernedbør. Resultaterne er uafhængige af, at undersøgelsen blev udført efter hugst af døde og døende træer.

Perspektiverne for egedriftsklassen på disse jordtyper er et tab af fleksibilitet i driften. Man bør fortsat screene syge træer for nye patogener. For at undgå en forværring af dræningstilstanden, stilles der større krav til beskyttelse af jordbunden i forbindelse med skovning og transport. Frit tilgængelige bluespot kort kan blive redskaber i skovbrugets planlægning. Derved kan man vurdere, hvor der er størst risiko for

klimaskader på produktionsbevoksninger. I højrisikoområder, fx bevoksningsdele der blev skadet i 2007-2014, kan man vælge at investere i andre primære driftsmål, og evt. arter med kortere omdriftstid i en uvis, nær fremtid med klimaforandringer. Man bør også lægge vægt på at sikre tilstrækkelig kapacitet for vandets transport i det opland, som skoven er en del af.

### 3. Introduktion

#### 3.1 Indledende besigtigelse af egesundhed i 2014

Vemmetofte Skovdistrikt henvendte sig i september 2013 til Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning (IGN) og gjorde opmærksom på, at egebevoksninger med dårlig sundhed var et voksende problem i de sydsjællandske skove. I 2012 blev de tynde kroner delvist tilskrevet lokale afløvninger i foråret, men i løbet af vækstsæson 2013 og 2014 stod det klart, at der måtte være andre årsager. På en besigtigelse d. 29-9-2014 med deltagelse fra flere distrikter og medarbejdere fra IGN beskrev skovfolkene samstemmende, at de havde oplevet mistrivsel i de seneste fem år, men at de havde valgt at se tiden an, da eg er kendt for sin svingende sundhedstilstand fra den langsigtede skovovervågning. Imidlertid var skaderne tiltaget i en sådan grad, at mange træer var døende og måtte fældes før tid, også i mellemaldrende bevoksninger. Ekspertene fra IGN var enige i, at tilstanden af de besigtigede bevoksninger var unormalt dårlig, og at problemet var alvorligt. Symptomer var bl.a. tyndløvede kroner, vanris på grene og stammer, Figur 1, brune slimflådspletter på stammen, forekomst af D-formede udboringshuller på døde træer, samt hvidt mycelium og sorte rhizomorfer af honningsvamp under barken, Figur 2. En tilsvarende mistrivsel var også konstateret i to af IGNs egeforsøg (QX og QY) på Bregentved, som tidligere havde haft god sundhed.

Mulige årsager blev diskuteret, og der var bl.a. fokus på jordbund, grøfter, kørsel og skadevoldere som barkbiller og svampe. Det virkede, som om skaderne var værst i de lavest beliggende dele og langs dybe kørespor, men på den anden side kunne døde og relativt sunde træer stå side om side. Alle distrikter fortalte, at grøfter var blevet vedligeholdt løbende, og at kørsel så vidt muligt blev undgået i regnfulde perioder. De hyppige indgreb, som var nødvendige, fordi der hele tiden kom døende og døde træer til, gjorde det dog umuligt at undgå spordannelse i mange tilfælde.





Figur 1 Besigtigelse på Vemmetofte (øverst) og IGNs egehugstforsøg QY på Bregentved (nederst). September 2014. Tynde kroner, tørre træer og vanris på stammer. Foto: Iben M. Thomsen.





Figur 2 Slimflåd på barken af syge træer, samt spor efter hvidt mycelium af honningsvamp sammen med barkbillegange (gul pil under barken på døde træer, kunne observeres i de skadede bevoksninger i 2014. Efterfølgende viste det sig, at det var gange fra stor egepragt-bille (*Agrilus sulcicollis*), som er hjemmehørende og udelukkende lever på allerede døde eller døende egetræer. Foto: Iben M. Thomsen.

Man enedes om, at der i realiteten var blevet observeret øget sygelighed i egebevoksninger i de seneste syv år fra 2006-7 frem til 2014, særligt på arealer med skovbundsflora, der indikerede fugtig og vekselvåd jord. Samtidig var der blevet observeret forekomster af en ny barkbille, toplettet ege-pragt-bille (*Agrilus biguttatus*), som kan forvolde skade på egetræers kambium og ledningsvæv. Den nye art syntes dog kun at være en sekundær skadevolder, og udbredelsen i Danmark er ukendt. Et tilsvarende fænomen (Acute Oak Decline) var blevet beskrevet i England (Denman et al. 2014), og i Mellemeuropa har 'oak decline' været kendt og diskuteret de seneste 30 år med mange eksempler på fænomenet fra de senere år (Wolf og Petercord, 2012). Da der var mange åbne spørgsmål og ingen entydige konklusioner, blev det besluttet at

etablere et projekt, som der blev givet tilsagn til fra Miljøstyrelsens (SVANA's) pulje for Praksisnære forsøg den 5. oktober 2015.

### **3.2 Ændrede rammevilkår for skovbrug som følge af klimatiske ændringer**

Projektets hovedfokus var egebevoksningernes tilstand og deres samspil med nedbøren og jordbundens vandindhold. Den årlige normalnedbør er steget med ca. 100 mm siden 1990'erne, og der er større variation i nedbøren om sommeren med hyppigere og større skybrud. Med baggrund i det nye nedbørsmønster og effekter af tung kørsel på jorde med lav bæreevne og vanskelige afvandingsforhold, blev der opstillet en række hypoteser for de aktuelle sundhedsproblemer i eg, som især blev observeret på lerjorde i fladt terræn, Figur 3. Terminologien følger Larsen (1995):

1) *Ændrede rammevilkår, prædisponerende faktorer:*

- Øget nedbør og afløvninger har startet forsumpning og rodskader; terrænhældninger og afløbsforhold for overfladevand er afgørende for den nye dynamik i jordens vandindhold henover året.

2) *Udløsende faktorer:*

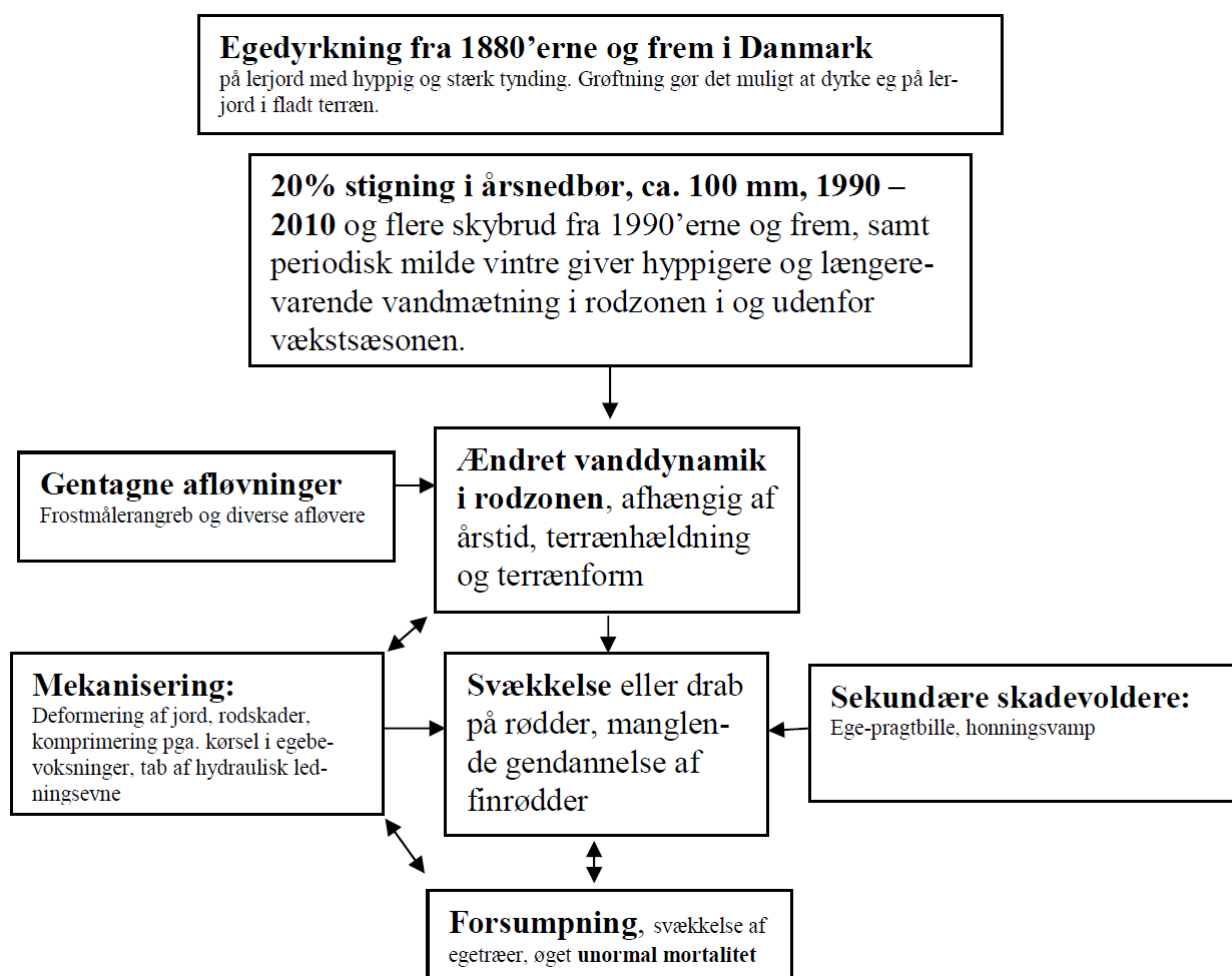
- Manglende fordampning og reduceret vækst/vandoptag pga. periodisk afløvning, fx angreb af frostmålere, egeviklere m.m. øger vandindholdet i rodzonen, så CO<sub>2</sub> fra rodåndingen ikke kan diffundere væk fra rødderne og bliver toksisk for rødderne. Samtidig forhindres iltoptag og vandoptag.

3) *Medvirkende faktorer:*

- Sekundære skadevoldere som honningsvamp og nu ege-pragtbille. Accelereret forsumpning pga. færdsel i forbindelse med udkørsel af skovningseffekter fra svækkede træer kan have medvirket til at øge sygelighed i allerede disponerede bevoksninger.

Man har siden slutningen af 1800-tallet dyrket eg på vekselvåde jorde, som er blevet grøftet meget intensivt for at sikre en dybere rodzone med et godt luftskifte i rodzonen ved at bortlede nedsivende nedbør. Mekaniseringen af skovning og transport i egedriftsklassen startede efter 2. verdenskrig og tog fart efter 1967 stormen, som gav store stormfald i løvskove på Sjælland og øerne. Selvom man gør meget for at undgå skader på jordbunden ved fx at indlægge faste kørespor, vil komprimering, øget nedbør og de resulterende ændringer i jordens vandmætning gøre det vanskeligere at finde tidspunkter, hvor udkørselsaktivitet med tunge maskiner ikke skader jordbunden og rødderne (von Wilpert & Schäffer, 2006, Nadezhdina et al., 2006).

Problemstillingen blev ikke nævnt i en rapport fra Naturstyrelsen med titlen "Analyse af IPCC's delrapport 2 Effekter, klimatilpasning og sårbarhed - med særligt fokus på Danmark" (2014). Man konstaterede kort, at løvskovene generelt ville få bedre vilkår i fremtiden.



Figur 3 Fænomener, faktorer og sammenhænge, som påvirker egens sundhed.

#### **4. Formål**

Formålet med projektet var at indsamle og analysere data med henblik på at teste de opstillede hypoteser, samt diskutere dyrkningsstrategier med skovdyrkere og forvaltere af egebevoksninger på det operationelle niveau. Det var hensigten at tilvejebringe viden og metoder, så skovdyrkeren i fremtiden kan identificere egebevoksninger, der er i risiko for svækkelse, og indrette driften med henblik på at opnå den bedst mulige skovsundhed og driftsøkonomi under de givne omstændigheder.

IGN ønskede at undersøge årsager til svækkelser af egens sundhed og eventuelle sammenhænge med klimabetinget variation i vækstmiljøet, jordbund, terrænform og terrænhældning, skadevoldere, frugtsætning, og driftstekniske dispositioner, herunder hugst, kørsel og vedligehold af grøfter.

Formålet var at afklare, om den observerede forringede sundhed er forbigående eller en permanent tilstandsændring, som kræver udvikling af nye skovdyrkningsstrategier.



## 5. Metode

Projektet var delt i flere aktivitetsområder, dels 1) en feltmonitoring og kortanalyse af mellemaldrende egebevoksninger på de deltagende distrikter for at afdække rammevilkårene på lokaliteterne. Dernæst 2) en dataanalyse af klimadata og tilgængelig videnskabelig litteratur for at undersøge disponerende og udløsende faktorer, fx forekomsten og effekten af ekstreme nedbørshændelser, både tørke og ekstremregn. Desuden ville vi kort berøre omfanget af de driftsøkonomiske konsekvenser af mortalitet og tilvæksttab, herunder omfanget og den geografiske udbredelse af fænomenet.

IGN har en lang række hugstforsøg i eg fra Midt- og Sydsjælland, hvor tilvækst og mortalitet er blevet fulgt gennem mange år. På skovøkologiområdet findes overvågningsdata for bevoksningsrelaterede vækstfaktorer i en egebevoksning i Vestskoven ved Albertslund. Her måles vandindhold i jorden, og grundvandsstanden monitoreres som led i den europæiske Level II overvågning. Herudover findes en lang dataserie over grundvandspejlinger fra et ældre afvandingsforsøg i Ganneskov, Bregentved distrikt (forsøg EE), som blev etableret af tidligere afdelingsleder Helge Holstener-Jørgensen (1959, 1978) ved Statens Forstlige Forsøgsvæsen, nu IGN.

Selvom årsagerne til reduceret egesundhed og øget mortalitet skulle søges i allerede passerede hændelser, som er beskrevet i Skov & Landskabs sundhedsovervågningsrapporter, var det hensigten at kortlægge, om billedet var generelt i hele Danmark, eller om det var afgrænset til særlige lokaliteter. Lokalt var det hensigten at undersøge i hvilke bevoksninger og hvor i bevoksningerne, syge og døde træer var blevet fundet. På den baggrund var det hensigten at tilvejebringe en viden, der kan bruges til at rådgive praktikere om tilpasnings- og afværgestrategier i egedriftsklassen.

### 1) Undersøgelse af syge og sunde egebevoksninger i 2015-2017

Monitoring skete ved de deltagende distrikters udvælgelse af tre syge og tre sunde bevoksninger for hvert distrikt på baggrund af observationer i driften i de foregående år. Det drejede sig om Vemmetofte, Giesegaard, Svenstrup og Bregentved distrikter. Der var ikke tale om tilfældig udvælgelse, men det blev overladt til skovens professionelle personale at udvælge, hvad de mente var 'sundt' og 'usundt', og det skete uafhængigt på fire distrikter. Makrorelief (terræn i det omkringliggende landskab), mikrorelief (terrænforhold i bevoksningen) og geomorfologiske kort dannede udgangspunkt for tolkning af nuværende og historiske dræningsforhold i bevoksningerne. Vurdering af bevoksningernes belønning foregik i slutningen af oktober og starten af november 2016. På dette tidspunkt er løvets gulning startet, men vurderingen kunne af praktiske grunde ikke foretages tidligere. Der havde ikke været nattefrost, så løvfaldet var ikke fremskredent.

Underetage og bundflora blev kort registreret ved denne monitoring. Bevoksningernes historik med

hensyn til hugst og grøftevedligeholdelse blev registreret på baggrund af oplysninger fra distrikterne. Vandstanden fra foråret 2016 til august 2017 blev fulgt ved pejling med automatiske vandstandsloggere (Hobo U20 Water level logger) i 140 cm afløbsrør (diameter 5cm) i de udvalgte bevoksninger, Figur 9 (se senere).

## 2) Historisk analyse af klimadata, simulering af vandindhold i jorden

Nedbørsdata fra DMI, dvs. månedsværdier for nedbør i Sydøstsjælland 1874-1996 (digitaliseret i Callesen, 1997) blev benyttet til at analysere den langsigtede udvikling i nedbøren. Dagsværdier for nedbør og potentiel fordampning på baggrund af DMI 10x10 km griddata for nedbør og 20x20 km griddata for temperatur og beregnet potentiel fordampning i perioden 1989-2015 for de deltagende distrikter blev benyttet til simulere jordens vandindhold for udvalgte år. Der var tale om dårlige vækstår i årringsanalyser af 25 stammeskiver fra QY hugstforsøget, Bregentved (Larsen, 2016). I simuleringen var målet at vise virkningen af nedsat interception på jordens vandmætning som følge af lav beløvning eller lav bevoksningskvotient.

## 3) anbefalinger til praksis

Anbefalingerne er blevet til på baggrund af sundhedsproblemernes i egedriftsklassen; deres omfang og varighed og den geografiske udbredelse, og de deltagende distrikters egne overvejelser ved et projektmøde 4. august 2016 på Vemmetofte distrikt. I løbet af projektperioden 2015-2017 er oversvømmelsessimuleringer i form af bluespot-kort blevet alment tilgængelige via fx kortforsyningen.dk, som også benyttes af boligportaler (fx itvang.dk). I dette projekt er kortenes tilgængelighed og anvendelighed i skovplanlægningen blevet vurderet. Afsnittet er et sammendrag af praktikernes dialog og diskussionerne på projektmødet på baggrund af de fremlagte registreringer og data.

## 6. Resultater af skovøkologiske undersøgelser

### 6.1 Undersøgelse af syge og sunde egebevoksninger på Sydøstsjælland

Sygelighed bedømt ved løvmængde, skadevoldere, bundfloraens karakter og tilstand, vandstand og terrænforhold blev undersøgt i tre relativt sunde og tre relativt usunde bevoksninger udpeget af hvert af distrikterne. På denne måde fås en uafhængig repræsentation af skadebilledet og kontrasten mellem sundt og usundt på fire distrikter. Der indgik i alt 22 bevoksninger i undersøgelsen. En liste over de 22 sunde og usunde bevoksninger er vist i Tabel 1. Bevoksningerne var mellem 62 og 129 år gamle (standpunkt forår 2015) og var alle grøftede i større eller mindre grad. Grøfterne vedligeholdes med jævne mellemrum, Tabel 1.

'Sunde' bevoksninger og 'sunde bevoksninger med enkelte døde træer' blev her defineret som bevoksninger, der havde haft en tilfredsstillende beløvning i årene 2013 – 2016 uden forekomst af mange døde træer, som ikke umiddelbart kunne forklares ved fx insektafløvning. Sunde bevoksninger har ikke skullet skoves ekstraordinært for at fjerne bladløse, tørre træer. Træernes kroner i disse bevoksninger har haft en generelt veludviklet skudbygning med sidegrene og kviste.

Usunde bevoksninger har haft ekstraordinær dødelighed i bestanden af træer i årene 2013-2016. Det gælder også for de træer, som ellers har haft en kraftig og forgrenet krone, Figur 4. Mange træer med dårligt udspring var kendetegnede ved kun lidt eller intet løv i kronen og med kompenserende skud fra sovende knopper på stammen (vanris). Man besluttede generelt at fælde døende og døde træer med henblik på salg, hvor de repræsenterede en økonomisk værdi.

Ved gennemgangen i dagene omkring 1. november 2015 ved projektets start havde 'sunde bevoksninger', og 'sunde bevoksninger med enkelte døde træer', bedømt på helhedsindtrykket, en fordeling med 75% træer med fuld beløvning, 25% var tyndløvede og ganske få træer uden blade, dvs. tilsyneladende døde. I de 11 usunde bevoksninger var den gennemsnitlige fordeling, at 43% af træerne var fuldt beløvede, 47% tyndløvede og 10% var tørre. Dette svarede godt til skovdistrikternes egen vurdering af, at de dårligste bevoksninger havde en dødelighed på ca. 10%, og at generelt havde mange dårligt beløvede træer.

Bevoksningerne omfattede også IGN's langsigtede egeforsøg med hugst og planteafstand, hvoraf en del er beliggende i Bregentveds skove. Udviklingen i vækst og sundhed er blevet registreret efter at begyndende ekstraordinære skader blev observeret i 2013. Allerede fra omkring år 2000 observerede man stagnation og nedgang i tilvækst i nogle af hugstforsøgene på Bregentved distrikt. Skov & Landskab anlagde på den baggrund nye hugstforsøg på distriktet, som ikke omtales nærmere her. I årene 2014, 2015 og 2016 blev

der lavet overvågning af sundheden i september ved en visuel bedømmelse af kronetætheden på udvalgte bekymringstræer i QX og QY i Grevindeskoven samt QD i Ganneskov. Det skete som følge af et stigende antal indberetninger om dårlig sundhed i egebevoksninger i årene efter 2007.

Sundheden blev opgjort i kategorierne sund/tyndløvet (slået sammen her), døende eller tør (død). De nævnte årstal gælder standpunkt forår 2015. For de 21 overvågede træer på QY (91 år) i efteråret 2014 var andelen af døende træer 87%, men ingen var døde. I efteråret 2015 var andelen af døende træer blandt de overvågede træer faldet til 43%, mens 34% var døde. I efteråret 2016 var andelen af døende træer faldet til 8% af de overvågede træer (i 2013), og i alt 44% var døde eller skovet. Det betyder, at 35% af træerne forbedrede deres sundhedstilstand fra døende til tyndløvet eller sund fra 2014 til 2016.

I QX (91 år) var der behov for at overvåge 85 træer i undersøgelsen i 2014, hvoraf 74 blev vurderet som døende og 9 som tyndløvede. I 2015 udviklede situationen sig til, at 35 var døende, 27 var tørre (døde) og 18 var nu tyndløvede. Yderligere tre træer kom med i bekymringslisten. I efteråret 2016 var 38 træer tørre og 20 af disse træer var fældet. Der var fortsat 7 døende og 7 tyndløvede træer. Tilstanden blev bedre med tiden for de træer, der klarede sig igennem, idet 18 træer havde forbedret deres tilstand fra døende til tyndløvet.

I QZ (124 år) var der ikke skader, der gav anledning til individuel scoring af træer.

I QD (122 år), Ganneskov var der blot 6 træer, som var skadet.

QX, QY og QD er alle hugstforsøg. I et hugstforsøg med terrænvariation afgøres den underjordiske rodkonkurrence og biologiske kontakt mellem træerne både af bestandstætheden (planteafstanden og hugsten) og vandstanden i jordbunden. Der kunne ikke vises en entydig sammenhæng mellem sundheden og hugstgraden, fordi andre forhold også lod til at spille ind. Man kunne konstatere, at A-parcellerne i både QX og QY havde mange tørre træer, mens dette ikke var tilfældet i QD. Når eg ikke hugges, vil træerne være underlagt hård intraspecifik konkurrence (dvs. mellem egetræerne). Som det vises senere, var A-parcellen i den 122-årige QD bevoksning relativt højt beliggende og havde ikke høj græsflora i modsætning til A-parcellen i fx QY, som var relativt lavt beliggende og tæt bevokset med mosebunke og ørnebregne i 2015.

Tabel 1 Oversigt over bevoksninger, der indgik i undersøgelsen fra de medvirkende distrikter. Årstal for G = vedligehold af grøfter, og H = årstal for tyndingshugster. Sundhedsklasser (KI): S = sund bevoksning, U = usund bevoksning, S\_e = sund bevoksning med enkelte usunde eller døde træer. Distrikter: B= Bregentved og afdelingsnummer, G= Giesegaard, S= Svenstrup, V=Vemmetofte.

PRFL_ID	Alder (fra frø)	KI	Før2000	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
B_366 (QY)	91	U							H						H				H	H, G	
B_413 (QX)	91	U											H					H		G	
B_832 (QD)	122	S																			
B_67_69 (QZ)	124	S																			H
B_850defg (EE)	62	S		H				H						H						H	
G_147b	79	S_e	1996							H										H	
G_170a	76	S_e	1994, 1997							H							H				
G_228a	90	U	1990, 1994					H									G, H	G	H		
G_230a	129	U	1988, 1993			H					H										
G_236a	107	U	1988, 1997															H			
G_240a	78	S_e	1993, 1994									H									
S_115a	68	U													H	G					
S_117a	94	S						H							H					H	
S_222a	90	U								H							G, H				
S_248a	80	U							H									H			
S_310a	100	S						H							H			G		H	
V_3	104	S_e		G		H		H						H							
V_23a	66	U		G		H						H									
V_205	104	S_e	1999					G													
V_222	122	S_e						H, G													
V_858	119	U		G			H		H									H			G
V_862	91	U		G		H								H					H		G

Billedet i Figur 4 stammer fra Vemmetofte Strandskov, og illustrerer, at man i samme bevoksning kan se træer med alle grader af beløvning side om side, uden at der er åbenlyse forklaringer i terrænforhold, skader etc. Det indikerer, at der kan være forklarende faktorer på individniveau, såvel som bevoksningsniveau og på regionalt niveau.





**Figur 4** Træers sundhedstilstand bedømt ved beløvning. Aftagende fra øverst tv, nederst tv, nederst midt, og øverst højre hjørne (død) – inden for samme bevoksning. Mange træer i området opnåede ikke fuld beløvning. Vemmetofte Strandskov, 28. oktober 2015. Foto: Ingeborg Callesen

## 6.2 Beløvning og sundhed set fra luften

CIR (coloured infrared radar) er farvede, nær-infrarøde rasterbilleder, som kan kvantificere bladernes klorofyl-aktivitet. Aktiviteten kan relateres til deres sundhedstilstand. IGN evaluerede CIR-billeder over bevoksningerne, som var indsamlet ved overflyvning i 2016. Det viste sig, at billederne var optaget kort før egetræerne var sprunget ud i 2016, og derfor ikke var relevante for bedømmelse af træernes sundhedstilstand. Denne tilgang blev ikke forfulgt videre, men rummer muligheder, hvis optagelsen laves, når træerne er løvbærende. Detaljerede luftfotos er blevet alment tilgængelige i de seneste år, fx har luftfotos på [krak.dk](http://krak.dk) nu en kvalitet og opløsning, så man tydeligt kan se døde træer uden videre billedbehandling.

Der blev taget digitale billeder til billedbehandling ved overflyvning med drone i juli 2017 i to bevoksninger på Giesegaard (afdelinger 228a og 230a), som begge blev betegnet som usunde i 2015. Bedømt fra jorden var træerne relativt sunde i 2017, men var generelt ret tyndkronede, og stamtallet i afdeling 230a var meget lavt. Ved billedbehandling af overflyvningsbilleder blev der identificeret en række ege med lavt NDVI (normalized difference vegetation index) på luftfotoet fra 2016. NDVI bygger på, at blade reflekterer

nærinfrarødt lys, men absorberer rødt lys. På denne måde kan fotosynteseaktivitet bedømmes ud fra optagelser af disse spektre foretaget ved overflyvning. Der var foretaget jordbearbejdning mellem træerne, og bundvegetationen havde derfor også lavt NDVI i nogle områder. Træer med lavt NDVI, her tolket som lav fotosynteseaktivitet og dårlig sundhed er markeret med ringe i Figur 5, øverst, og tilsvarende markeret på ortofotoet nederst. Rent spekulativt kan jordbearbejdningen i de åbne, rødlige områder være sammenfaldende med dødelighed blandt træer i de samme områder.



Figur 5 Billede fra droneoverflyvning på Giesegaard, afdeling 230a, den 4. juli 2017. Dronebilleder: Klaus Agerskov.

### 6.3 Landskabskarakteristika, jordbundstyper og dræningsklasse

Ved kortanalyser blev makrorelief, landskabselement og mikrorelief bedømt og kvantificeret ud fra digitale kort og højdemodeller. Makrorelieffet er terrænvariationen i landskabet bevoksningerne ligger i, landskabselementet betegner landskabsdannelsen under eller efter istiden, og mikrorelieffet er niveauforskelle og terrænform indenfor bevoksningen.



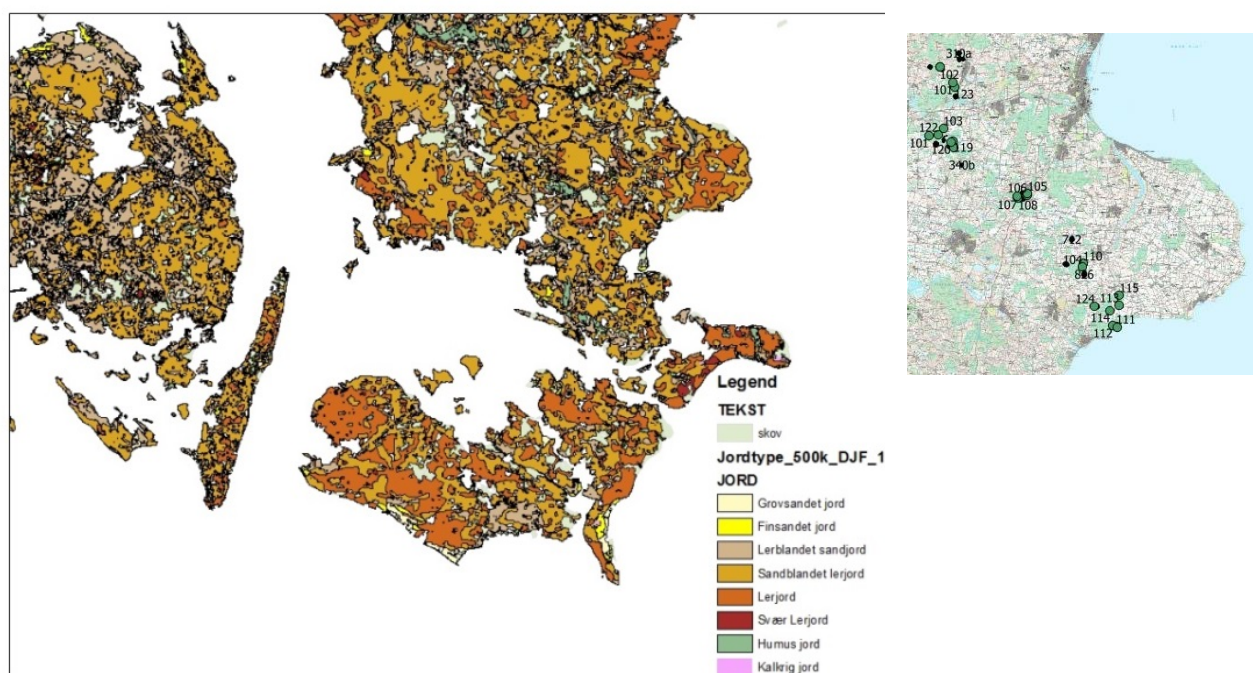
Usunde bevoksninger lå relativt lavt i landskabet på fladt terræn og nedenfor skråninger på bundmoræne og issøler, Tabel 2. Sunde bevoksninger fandtes i let kuperede landskaber og ofte relativt højt i forhold til det omgivende landskab på uds meltingstill fra små randmoræner og dødis, men også på flad bundmoræne.

Jordbundens morfologi og fysiske tilstand blev beskrevet i jordprøver, der blev boret op i forbindelse med nedsætning af pejlerør i bevoksningernes mere lavtliggende dele, således at grundvandspåvirkningen kunne antages at være størst der i forhold til højere beliggende dele. Formålet var at vurdere hyppigheden af grundvandspåvirkede og kompakte horisonter i underjorden, som har en begrænset hydraulisk ledningsevne. Der blev lavet borer i alle bevoksninger, som viste, at jorden overalt var leret med pseudogley som tegn på opstuvning af overfladevand. Nogle steder fx på flader og i lavninger var underjorden stærkt leret og gleypræget, og A-horizonten var som konsekvens heraf ofte humusrig, eller var udviklet som en tørvejord (Svenstrup afd. 115a).

Bevoksningerne er repræsentative for de udgangsmaterialer, der findes i Sydøstsjælland på aflejringer fra det sidste isfremstød i sen-Weichsel, dvs. sandblandet lerjord, lerjord og nogle steder svær ler. På Stevns er der ofte kalk i udgangsmaterialet i ringe dybde, og jorden er baserig med højt pH. Af denne grund forekommer lernedslemning som danner tætte Bt-horisonter generelt ikke. Alligevel kan udgangsmaterialet godt være temmelig leret og kompakt, muligvis fordi der kan være tale om bundmoræne afsat under en fremrykkende gletscher.

**Tabel 2** Hældning i det omgivende landskab, terrænkote, position i landskabet og landskabselement i undersøgelsens bevoksninger, sorteret efter sundhedsstatus i efteråret 2015.

PRFL_ID	KL	Landskab, hældning	Kote, m.o.h.	Position i landskab	Landskabselement
B_67_69 (QZ)	S	Næsten flad (0,5-2%)	30	Skråning	Bundmoræne
B_832 (QD)	S	Flad (< 0,5%)	24.5	Top	Udsmeltningstill
B_850defg (EE)	S	Flad (< 0,5%)	22	Bund	Bundmoræne
S_117a	S	Bølgende (5-10%)	54	På skråning	Dødislandskab
S_310a	S	Bølgende (5-10%)	36	På skråning	Dødislandskab
G_147b	S_e	Svagt bølgende (2-5%)	45	Top	Randmoræne
G_170a	S_e	Svagt bølgende (2-5%)	34	Nederste del af skråning	Bundmoræne
G_240a	S_e	Næsten flad (0,5-2%)	37	Top	Bundmoræne
V_205	S_e	Flad (<0,5%)	8	Nede	Bundmoræne
V_222	S_e	Flad (<0,5%)	9	Nede	Bundmoræne
V_3	S_e	Flad (<0,5%)	16	Mellem	Bundmoræne
B_366 (QY)	U	Næsten flad (0,5-2%)	27	Nede	Bundmoræne
B_413 (QX)	U	Svagt bølgende/ overgang til næsten flad (0,5-2%)	31	Nedenfor skråning	Bundmoræne (inderlavning)
G_228a	U	Næsten flad (0,5-2%)	36	Nede	Bundmoræne (inderlavning)
G_230a	U	Næsten flad (0,5-2%)	34	Bund	Bundmoræne
G_236a	U	Flad (<0,5%)	35	Bund	Bundmoræne
S_115a	U	Bølgende (5-10%)	52	Mellemste del af skråning	Tørvefyldt dødishul
S_222a	U	Næsten flad (0,5-2%)	33	Nederste del af skråning	Bundmoræne
S_248a	U	Flad (<0,5%)	37	Nederste del af skråning	Bundmoræne
V_23	U	Flad (<0,5%)	10	Mellem	Bundmoræne
V_858	U	Flad (<0,5%)	4	Bund	Bundmoræne
V_862	U	Næsten flad (0,5-2%)	5	Bund	Bundmoræne



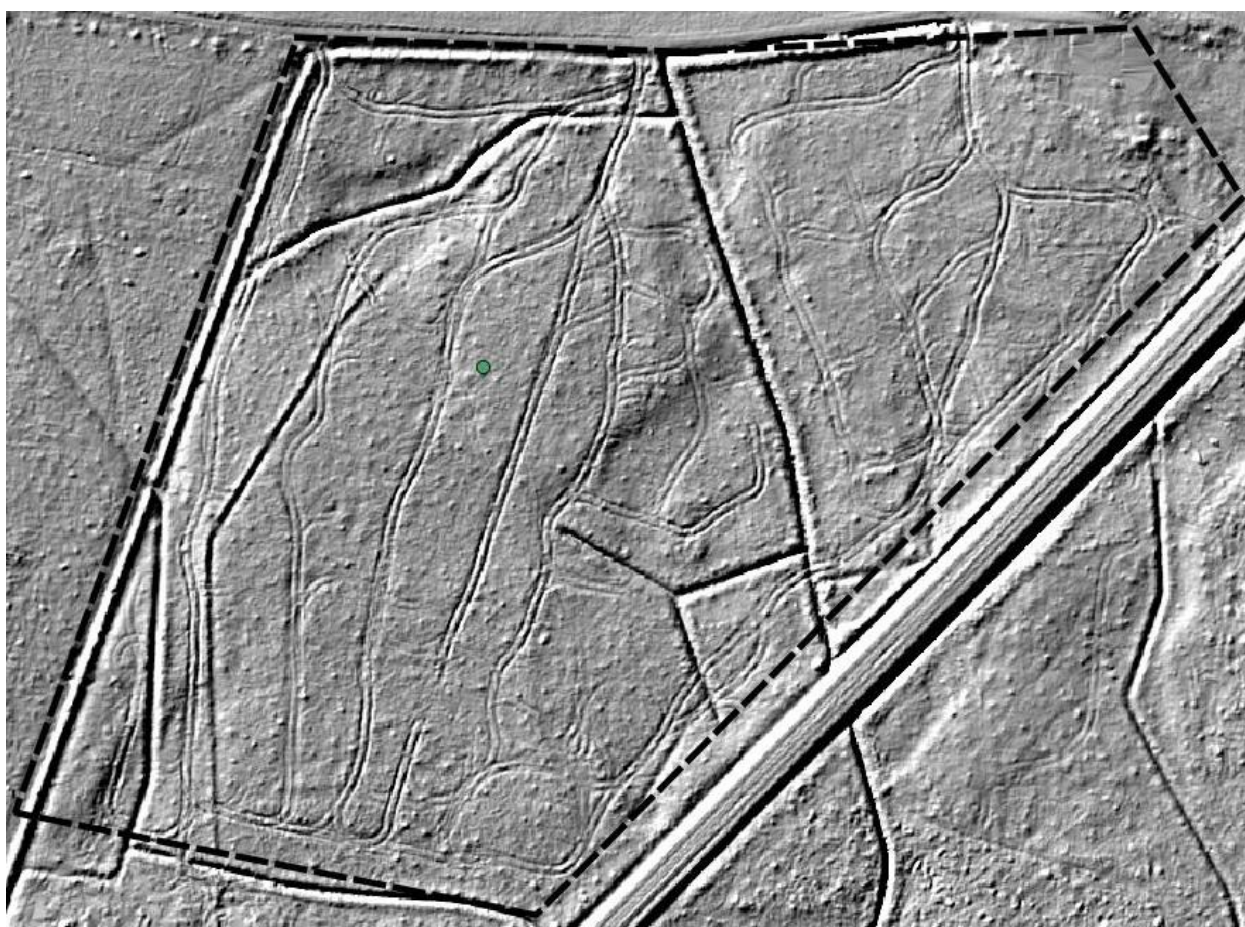
Figur 6 Jordtypen på Sydøstsjælland og Sydhavssøerne er overvejende lerjord, og nogle steder svær lerjord. Kortet viser Jordtype DJF 1975-78 for egenskaben tekstur i pløjelaget på landbrugsarealer. Jordboringer og pejlerørs placering er vist på det topografiske kortudsnit.

## 6.4 Synlig deformation af jordbunden efter maskinel skovning og transport

Kørsel i bevoksninger på lerjord i forbindelse med hugst og grøftevedligehold giver mulighed for deformation og komprimering, især når jorden er våd. Frostperioder giver den bedste bæreevne om vinteren, alternativt om sommeren, når jorden er mest tør. Alligevel foregår skovningsaktiviteter traditionelt set oftest i forårmånederne, hvor jorden ofte har et højt vandindhold. Forekomsten af tydelige kørespor belyst ved skyggekort af DEM40cm LiDAR terrænmodellen blev brugt som indikator på bevoksninger, hvor nedbørs- og dræningsforhold har gjort terræntransport vanskelig og derfor har medført mekaniske ændringer i jordens poreforhold på dele af arealet i bevoksningerne. Dette kan sænke den sideværts transport af vand til grøfterne, hvis der køres parallelt med disse, fordi volde af kompakt jord hindrer vandbevægelsen.



Skyggekort af detaljerede højdemodeller (DEM40cm, Geodatastyrelsen 2015) blev brugt til at vurdere, om der var mange, tydelige kørespor i en bevoksning, se Figur 7. Blandt de usunde bevoksninger havde alle synlige kørespor i bevoksningerne, nogle dog kun i hovedsporene. I en enkelt usund bevoksning (Giesegaard 236a) var der ikke synlige spor. I de sunde bevoksninger havde fire ud af 11 bevoksninger tydelige hovedspor, og en enkelt kuperet bevoksning (Giesegaard 310a) også ret tydelige stikspor, men i skrånende terræn. Denne forskel mellem usunde og sunde bevoksninger er ret markant og viser, at det i de usunde bevoksninger generelt er vanskeligere at køre uden at lave deformationer. Det betyder, at de er vådere og har lavere bæreevne. Dermed bliver påvirkningen af rodsystemer og poreforhold i jorden måske tilsvarende større, og man har en selvforstærkende virkning.



**Figur 7** Eksempel på en bevoksning med tydelige kørespor (parallelle, slyngende linjer). Sporene bliver synlige, når der lægges skråt lys ind på højdemodellen (DEM40cm, hillshade, Geodatastyrelsen 2015). Dette kan illustrere, om der har været skovning og transport i en given bevoksning i perioder med opblødt jord. Grøn prik: pejlerør til måling af vandstand.

## 6.5 Underetage og bundflora

Registrering af underetage og indikatorplanter for vådbund i projektbevoksninger blev foretaget efter klasserne vist i Tabel 3, hvor græsser betyder, at der er tale om intensivt, græsbundne arealer med fx høje

arter som mosebunke, hvenegræsser og evt. rørgræs. Lave græsser er mindre intensivt græsdække og frytler (halvgræs), mens urter betegner overvægt af bredbladede skovbundsarter. Det er karakteristisk, at de sunde bevoksninger blev domineret af urteflora og lave græsser og halvgræsser, og seks ud af 11 bevoksninger havde en form for underetage af vedplanter som hassel, tjørn eller bøg. De usunde bevoksninger havde som oftest ingen underetage og var domineret af en intensiv, høj græsflora, hindbær og ørnebregne.

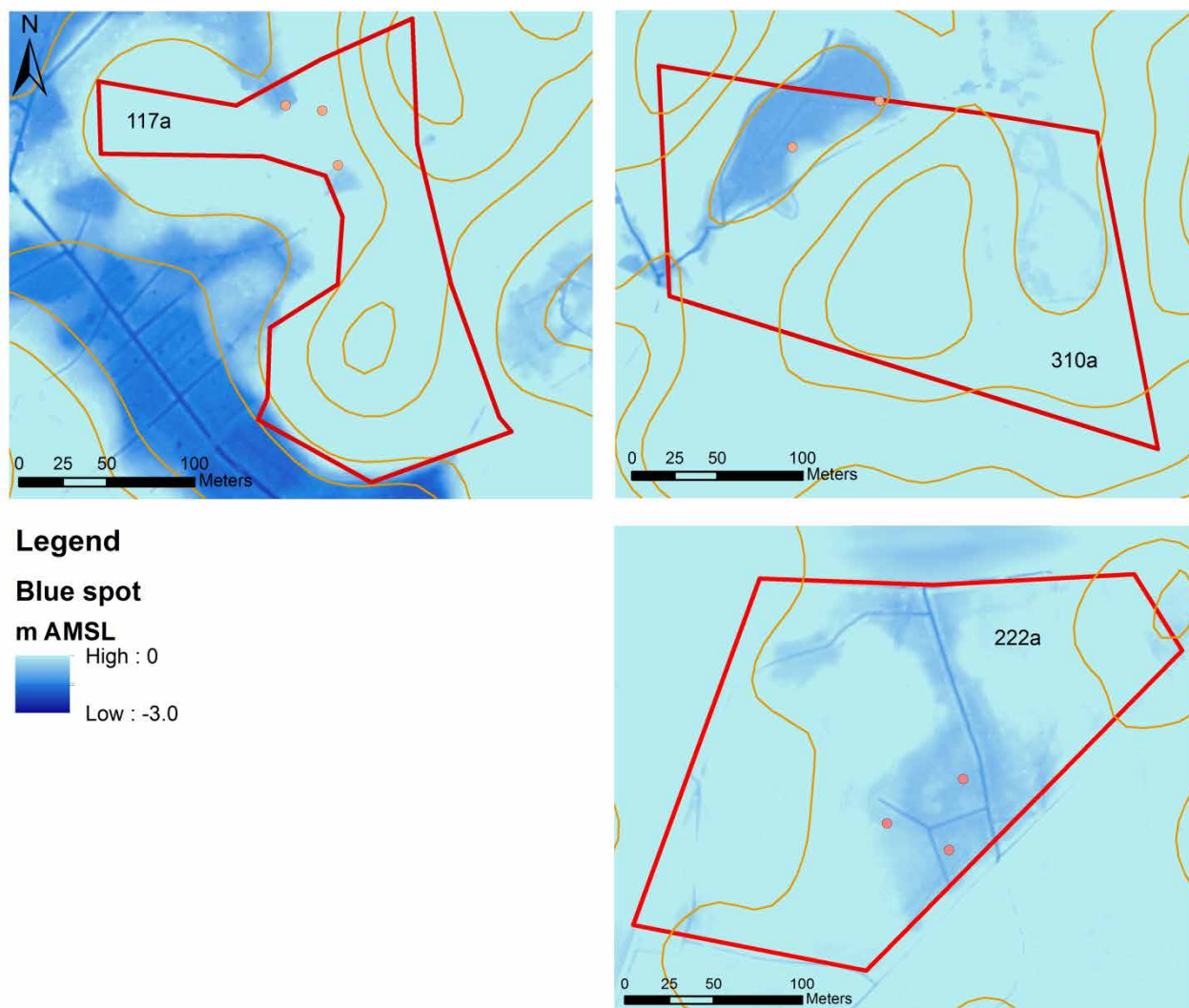
Tabel 3 Flora og underetage sorteret efter sundhedsklasse.

PRFL_ID	KL	Dom. bundflora	Underetage
B_67_69 (OZ)	S	Urter	Spredte bøge, buske
B_832 (QD)	S	Urter	Ingen
B_850defg (EE)	S	Lave græsser (i egeparcel)	Spredte buske
S_117a	S	Urter	Enkelte bøge
S_310a	S	Lave græsser, mangeløv, hindbær	Bøg
G_147b	S_e	Lave græsser, halvgræsser	Enkelte gran
G_170a	S_e	Lave græsser	Ingen
G_240a	S_e	Lave græsser, ørnebregne	Ingen
V_205	S_e	Urter, fx Bingelurt	Hassel
V_222	S_e	Urter	Hassel, tjørn
V_3	S_e	Urter, fx Bingelurt	Hassel, bøg
B_366 (QY)	U	Græsser, hindbær, urter (hugstafhængig)	Enkelte bøge
B_413 (QX)	U	Ørnebregne, græsser (hugstafhængig)	Ingen, enkelte bøge
G_228a	U	Græsser, ørnebregne	Spredte tjørn
G_230a	U	Græsser	Ingen
G_236a	U	Græsser	Ingen
S_115a	U	Hindbær, lidt græsser, bingelurt	Ingen
S_222a	U	Græs, nælder	Bøg
S_248a	U	Græsser, hindbær	Enkelte gran
V_23	U	Græsser	Ingen
V_858	U	Græsser	Spredte bøge
V_862	U	Græsser	Spredte bøge, buske

## 6.6 Terrænanalyse og afløbsløse lavninger (bluespots)

De digitale terrænkort over bevoksningerne fra DHM/Terræn-kort (0,4 x 0,4 m pixel, Geodatastyrelsen, 2015) gav muligheder for at analysere terrænhældning og afstrømningsforhold via grøftenettet, som ligeledes var synligt på kortene. Til beregningen af bluespot-udbredelsen er der brugt en digital

terrænmodel og en algoritme i ArcGIS, der beregner, hvor der er afløbsløse lavninger (Susgaard, 2016). Hvis grøfterne er meget effektive, og vandet let kan nå grøfterne, behøver det ikke at være et problem. Hvis terrænet derimod er næsten fladt, vil der ikke være noget betydelig niveauforskel (udover grøftens dybde i sig selv), der driver jordvandet mod grøften, og det vil være en langsom og ineffektiv proces.



Figur 8 Eksempel på sinkkort for bevoksninger på Svenstrup. På grund af bølgende topografi er 117a og 310a sunde bevoksninger, men har dog grøftede lavninger (med døde ask), mens 222a er næsten flad og har et anseeligt bluespot areal, hvor afløbet afhænger af grøftens vandledningsevne og den ringe mulighed for sideværts vandbevægelse. Den store bluespot sydøst for afdeling 117a er afdeling 115, en usund bevoksning på tørvejord. Ækvdistance 1 m.

Bluespot arealer er dybe og klart afgrænset i let kuperet terræn (Svenstrup 117a og 310a) og derfor grøftet, mens der også kan være flader, som vil være bluespots (Svenstrup 222a på Figur 8). Disse er også grøftet, og grøfterne er ofte gravet dybe for at befordre vandets strømning mod grøften.

Tabel 4 Hældningsklasse og koteaforskelle indenfor bevoksning, dræningsklasse i lavning og bluespotareal (procent i gennemsnit) fordelt på sunde og syge bevoksninger.

Prøveflade ID	KL	Mikrorelief, koteafskel	Hældningsgradient	Hældningsform	Dræningsklasse i lavning	Bluespot areal, visuelt bedømt (Geodatastyrelsen)
B_67_69 (QZ)	S	7,5	Svagt skrånende, 3%	Kompleks (konveks/konkav)	Moderat veldrænet	0%
B_832 (QD)	S	0,7	Flad, < 0,5%	Svagt konveks	Dårligt drænet	0%
B_850defg (EE)	S	0,9	Flad, < 0,5%	Lige	Dårligt drænet	10-15%, lavninger udenfor grøfter
S_117a	S	7,5	Skrånende, 9%	Kompleks (konveks/konkav)	Dårligt drænet	0%
S_310a	S	6,5	Skrånende, 8%	Konveks	Meget dårligt drænet	20%, enkelt lavning
G_147b	S_e	2,8	Svagt skrånende 2,5%	Kompleks (konveks/konkav)	Moderat veldrænet	5%
G_170a	S_e	2	Næsten flad, 1%	Lige	Dårligt drænet	20%
G_240a	S_e	1,5	Flad, < 0,5%	Lige	Moderat veldrænet	25%
V_205	S_e	1,9	Næsten flad, 1,5%	Lige	Moderat veldrænet	<5%, grøfter
V_222	S_e	1,4	Næsten flad, 1%	Lige	Moderat veldrænet	<10%, dyb grøft i nordende
V_3	S_e	4,3	Meget svagt skrånende 2%	Kompleks (konveks/konkav)	Moderat veldrænet	20%, to områder
B_366 (QY)	U	2,6	Næsten flad, 1%	Lige	Dårligt drænet	<10%, i lav ende ved hovedgrøft
B_413 (QX)	U	3	Næsten flad, 1%	Lige	Dårligt drænet	0%
G_228a	U	2,8	Næsten flad, 1,5%	Svagt konkav	Dårligt drænet	<5%
G_230a	U	0,4	Flad, < 0,5%	Lige	Meget dårligt drænet	10%
G_236a	U	1,4	Flad, < 0,5%	Konkav	Dårligt drænet	30%, sydvestende
S_115a	U	4,4	Flad men skrånende, 6% mod flade	Konkav	Meget dårligt drænet	80%
S_222a	U	3,4	Næsten flad, 1,5%	Lige	Dårligt drænet	40%, langs hovedgrøft
S_248a	U	2,6	Næsten flad, 1%	Konkav	Meget dårligt drænet	20%, sydøst hjørne
V_23	U	0,5	Flad, < 0,5%	Lige	Dårligt drænet	<10%, mest grøfter
V_858	U	3,9	Næsten flad, 1,5%	Lige	Meget dårligt drænet	10-20%
V_862	U	3,1	Svagt skrånende, 2,5%	Svagt konveks	Dårligt drænet	<10%



De fleste usunde bevoksninger havde et mikrorelief, som var næsten fladt og hældninger på 0,5% – 2%, og ofte konkave terrænformer. Jordbunden var dårligt eller meget dårligt drænet, og der var større bluespotarealer, Tabel 4.

De sunde bevoksninger havde varierende hældninger, men var ofte konvekse (opadbuende terrænform) eller havde komplekse former med både konvekse og konkave partier, som gav klart definerede bluespots i lavningerne, og terrænhældninger op til 9%, men også flader ned til 0,5% hældning.

## 6.7 Vandstandsmåling i rodzonen i udvalgte bevoksninger i 2015-17

Vandstanden i løbet af vækstsæsonen er central for træernes vækstforhold. Der er mange grøfter, som er gravet for at fremme afstrømningen af nedbør i de flade landskaber. Man har ønsket at opnå en effekt på vandstanden, dvs. en mere dybgrundet jord. En del af bevoksningerne bærer navne som Maglemose, Tranemose etc. og er tydeligvis afvandede, så der har kunnet plantes skov.

Vandstanden blev pejlet i 20 bevoksninger, heraf 16 med dataloggere, der registrerede vandstanden hver fjerde time fra forår 2016 til maj 2017. Formålet var at undersøge vandstanden og dens variation henover året, og om vandspejlet reagerede med stigning som følge af større nedbørshændelser. Måling af vandstanden i bevoksningerne skulle vise hvornår og hvor længe, der kan formodes at være afstrømning fra bevoksningen efter vinteren og efter større regnvejr om sommeren.



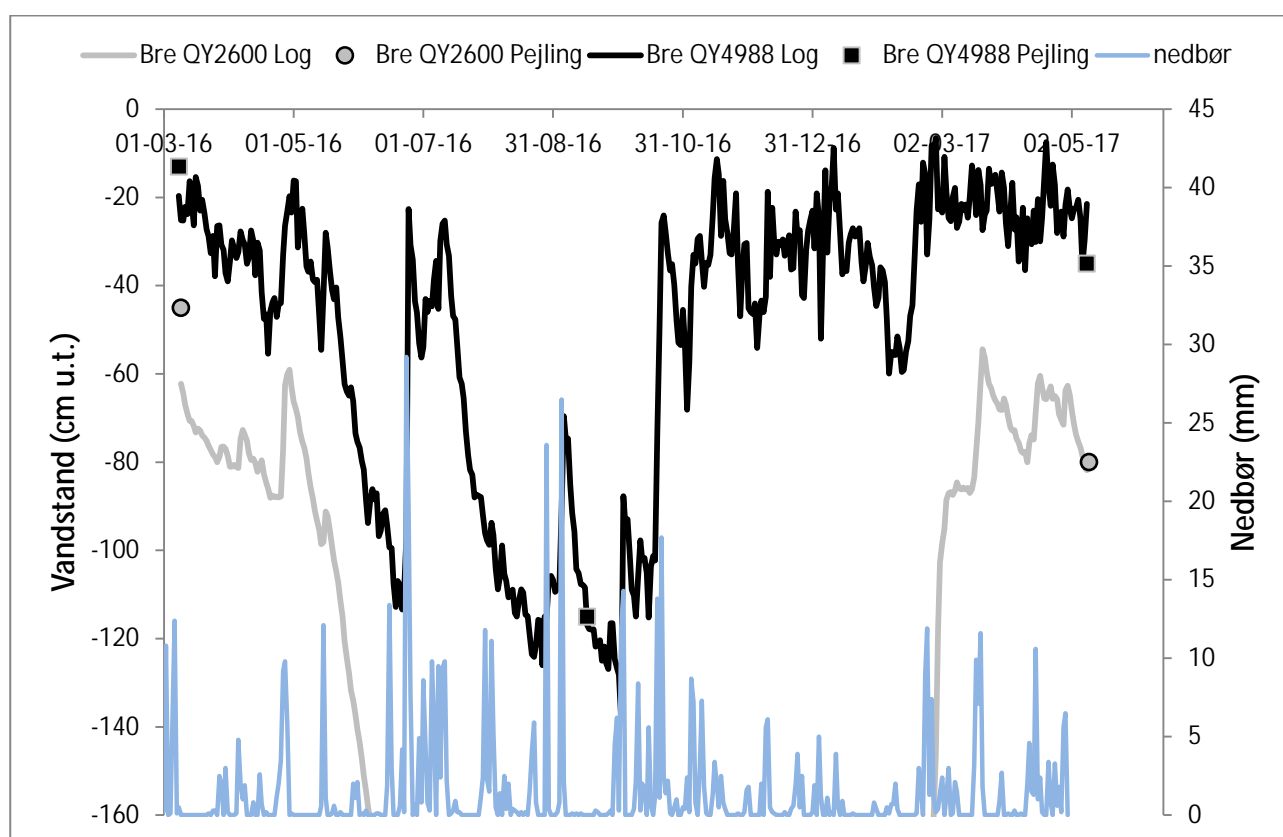
**Figur 9** Billede af pejlerør, hvor vandspejlets placering i forhold til terræn måles manuelt med målebånd. Samtidig foretages udlæsning af vandstandsloggeren (Hobo U20 Water Level Logger), som er placeret nede i pejlerøret. Loggeren måler vandtrykket fra den vandsøjle, som står over loggeren. Vandsøjlels højde beregnes ved at fratrække en samtidig måling af det atmosfæriske tryk. Vandspejlets placering i forhold til terræn beregnes så under hensyntagen til loggerens placering i forhold til terrænoverfladen. Foto: Iben Margrete Thomsen, 12. maj 2017.

Forårvandstanden varierede mellem 10 cm over terræn (dvs. blankt vand i det tørvefyldte dødishul) til mere end 100 cm under terræn for alle bevoksninger i april 2016 uden påfaldende forskel mellem syge og sunde bevoksninger, Tabel 5. I august 2016 var vandstanden sunket til mere end 100 cm dybde i de fleste sunde og overvejende sunde bevoksninger, men var stadig mellem 10 og 85 cm under terræn i usunde bevoksninger. I QX var vandspejlet sunket til dybere end 100 cm, men med observerede fluktuationer, dvs. markant stigning i vandspejlet efter regnvejr. Samtidig var det de usunde bevoksninger (men også den sunde EE), der havde fluktuerende vandspejl efter større eller længerevarende nedbørshændelser, Tabel 5.

**Tabel 5 Vandstand i bevoksninger med loggere og manuelle målinger. Vinter-, forårs- og sommervandstand, samt angivelse af, om vandspejlet stiger efter sommernedbør.**

Prøveflade ID	KL	Vandstand, april 2016, cm under terræn	Vandstand, august 2016, cm under terræn	Fluktuerende vandspejl ved sommerregn (datalogger)
B_67_69 (QZ)	S	>100	>100	Nej
B_832 (QD)	S	115 (2015)	> 150 cm	Nej
B_850defg (EE)	S	60	130 cm	Ja
S_117a	S	55	>100	Nej
G_147b	S_e	40	40	Nej
G_170a	S_e	15	-	-
G_240a	S_e	35	>100	-
V_205	S_e	33	> 140 cm	Nej
V_222	S_e	65	>100	-
V_3	S_e	37	> 120 cm	Nej
B_366 (QY)	U	30-70	120 - >170	Ja (i lav ende)
B_413 (QX)	U	50	140	Ja, 100 cm
G_228a	U	40	85	-
G_230a	U	40-50	40	Nej
G_236a	U	-	-	-
S_115a	U	10 cm over terræn	10	Nej
S_222a	U	35	35	Ja, 10 cm
S_248a	U	60	60	-
V_23	U	46	62	Ja, 10 cm
V_858	U	30	55	Ja, 20 cm
V_862	U	30	70	Nej

I fortolkningen af resultaterne skal det bemærkes, at vandstanden i rørene nok har været lidt højere end ude i jorden. Det skyldes, at fordampningen, herunder træernes vandoptag, har været hæmmet i de lukkede rør. Der er sandsynligvis lidt forsinkelse i rørets vandstand som respons på vandstandsændringer ude i jorden, hvor nedsivende vand hurtigere etablerer et vandspejl. Det er kun udsivning fra eller indgivning til bunden af røret, som respons på vandstandsændringer i den omkringliggende jord, der har kunnet påvirke vandstanden inde i røret. Dette til trods er der tydeligt forskellige mønstre for vandspejlet i sunde og usunde bevoksninger, således at usunde bevoksninger generelt var mere præget af højtstående vandspejl i vækstsæsonen.



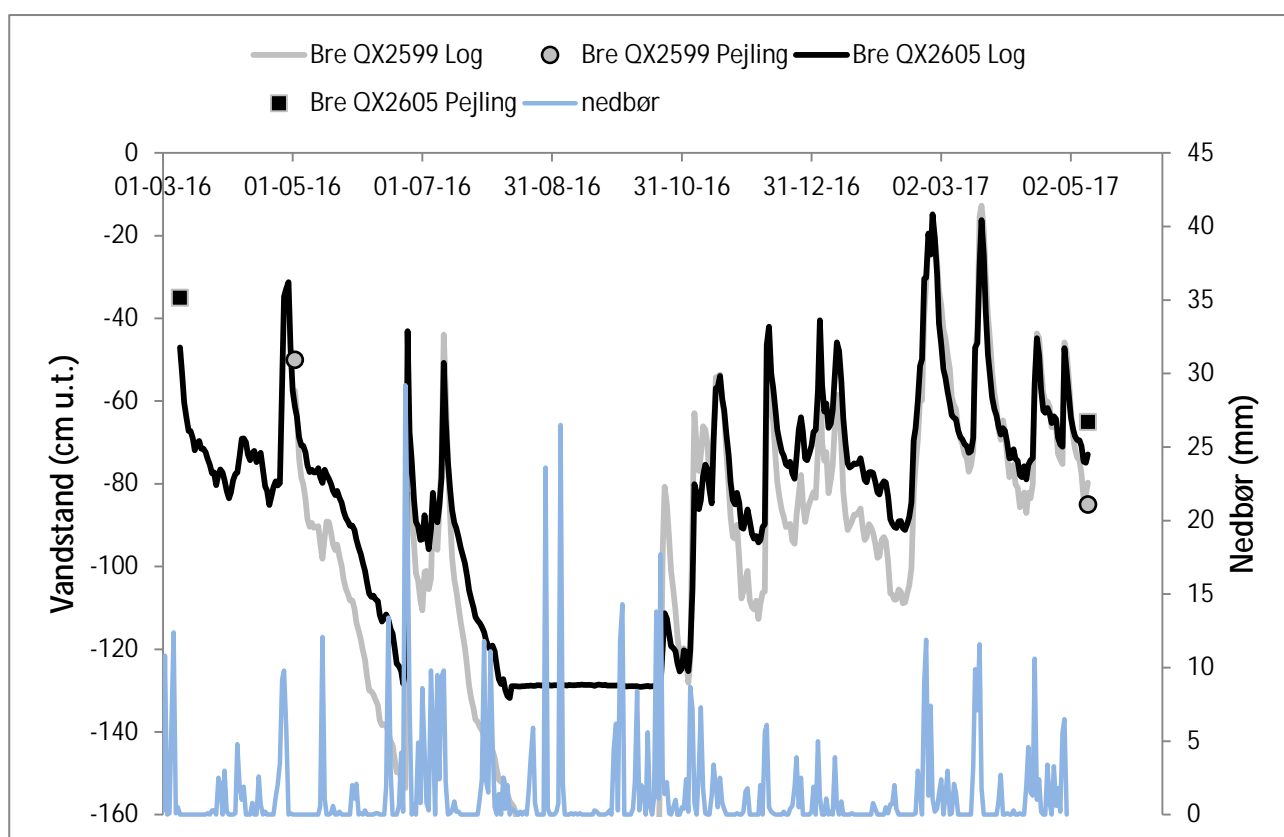
Figur 10 Kontinuerlig måling af vandstand i QY forsøget i den højest beliggende del længst væk fra den gennemgående hovedgrøft og den lavest beliggende del nærmest hovedgrøften. Lyseblå = døgnnedbør. Sort = A-parcel i kote 27 m.o.h., grå = D-parcel i kote 29 m.o.h.

QY forsøget havde to pejlerør i forsøget i henholdsvis den høje og lave ende. Variationen i vandstanden er vist i Figur 10 sammen med døgnnedbøren. Det fremgår, at vandstanden i den lave ende (sort linje) generelt var højere end i den høje ende, og også reagerede med en kraftig stigning til 20-40 cm under terræn efter regnvejr i slutningen omkring 1. juni og 1. september og fra sidste del af oktober 2016. Hvis



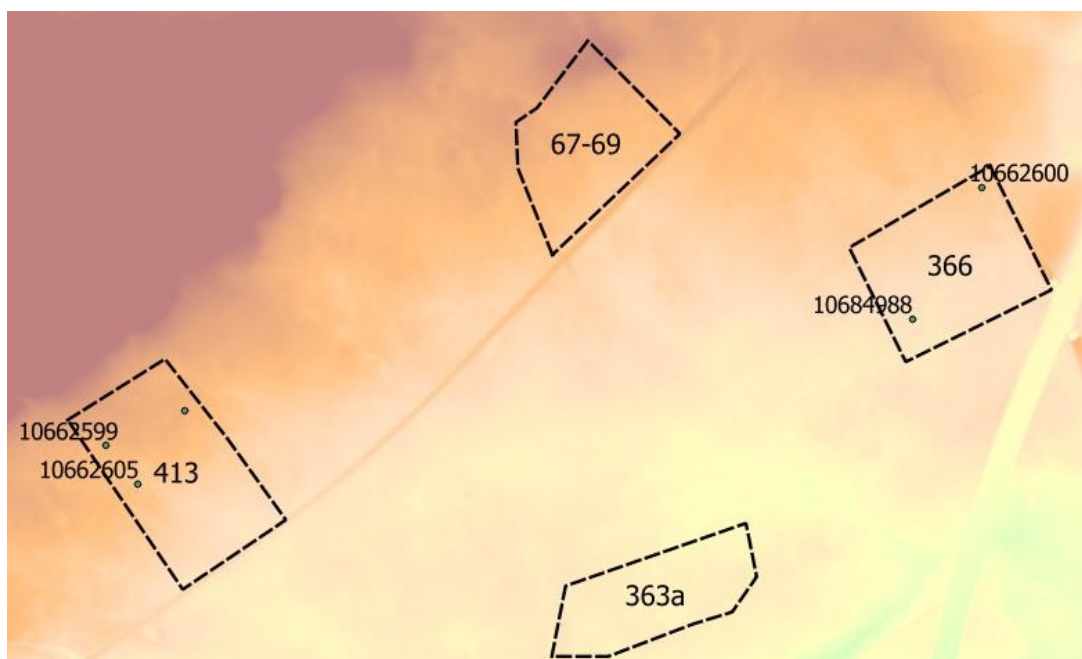
jordtemperaturen var høj, ville ilten blive forbrugt hurtigt, og rødderne ville blive stresset af et iltfrit og vandmættet jordmiljø.

Et tilsvarende mønster sås i QX, hvor de to borer ikke havde samme forskel i kote. Derfor reagerede vandstanden mere ensartet henover vækstsæsonen og efter regnvejr (Figur 11). Dog bemærkes det, at der ikke var stigende vandstand efter regnvejret omkring 1. september, hvor vandstanden er dybere end 130 cm (flad del af sort kurve). Regnmængden oversteg ikke markkapaciteten, og jorden kunne tilbageholde regnen uden virkning på vandspejlet.



Figur 11 Pejling af vandstand i to borer i QX

De to bevoksningers placering i Grevindeskoven fremgår af kortet i Figur 12.



Figur 12 Kortet viser QX (afd 413), QZ (afd 67-69) og QY (afd 366) i Grevindeskoven over den digitale højdemodel med angivelse af vandstandsloggerens placering. De sidste fire cifre svarer til loggerens id i forrige figur. Høj->lav kote: brun->grøn farve.

## 6.8 Nedsivningstest til bestemmelse af hydrauliske forhold i underjorden

Stærkt lerede og kompakte jordlag kan være vandstandsende og deraf have stor betydning for jordvandsdynamikken i den overliggende rodzone. Vand, som infiltreres i overfladen, ophobes, når der kommer et lag med langsommere hydraulisk ledningsevne. Det er svært at opnå viden om de hydrauliske forhold i denne dybde, da gængse tests om disse forhold ikke er anvendelige i større dybder. Derfor blev en prototype af en nedsivningstest udviklet. Nedsivningstestene i underjorden havde til formål at give en indikation om vandbevægelsen i jorden i 1 meters dybde.

Nedsivningstestene blev foretaget i 10 bevoksninger, hvor fem var klassificeret med sundhedsproblemer og fem havde en sund tilstand. Tre nedsivningstest blev foretaget i hver af de ti bevoksninger i laverebeliggende dele af bevoksninger, Tabel 6.

Tabel 6 De ti udvalgte bevoksninger og deres vurderede sundhedstilstand. S = sund, S\_e = sund med enkelte usund/døde, U = usund.

Skovdistrikt	Afd.	Sundhedstilstand	Skovdistrikt	Afd.	Sundhedstilstand
Vemmetofte	862	U	Giesegård	228a	U
Vemmetofte	858	U	Giesegård	147b	S_e
Vemmetofte	3	S_e	Svenstrup	222a	U
Bregentved	QY	U	Svenstrup	117a	S
Bregentved	QZ	S	Svenstrup	310a	S



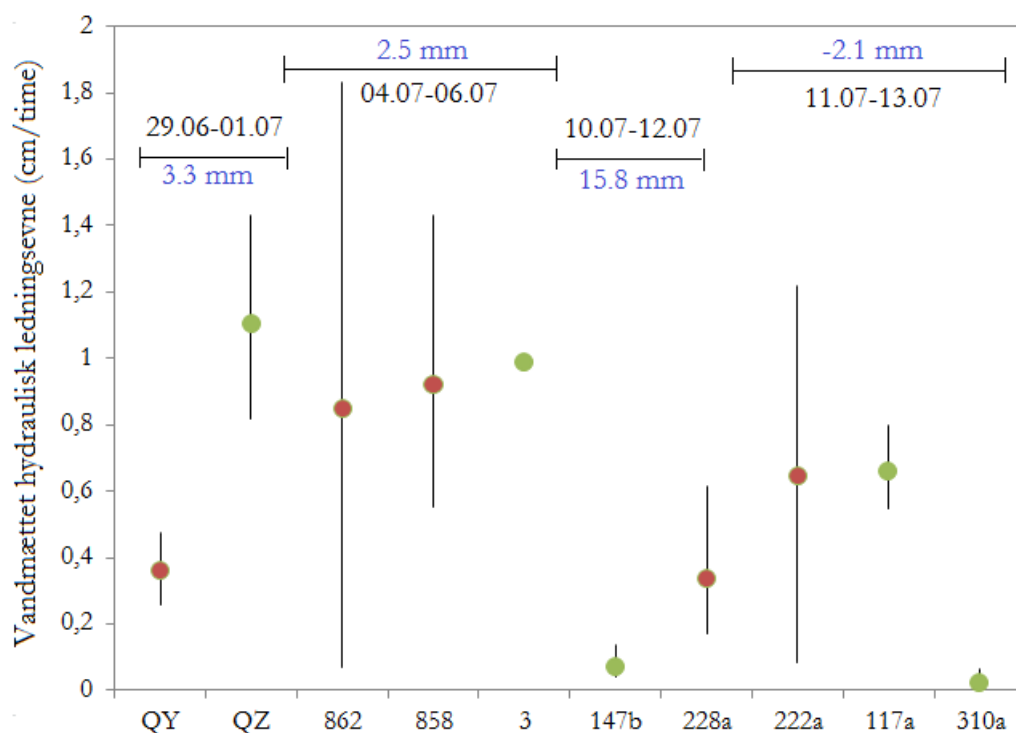
Figur 13 Opstilling af nedsivningstest placeret i 1 meters dybde. Foto: Stinna Susgaard Filso

### **Metode og resultater**

Nedsivningstesten foregik ved at placere et PVC nedsivningsrør (50 mm i diameteren, 156 cm lang) i 1 meters dybde, Figur 13. En meters dybde blev bestemt ud fra forundersøgelser af jordprofilerne i bevoksningerne, der viste, at et kompakt lag i gennemsnit forekom i denne dybde. Derudover var det også en antagelse, at en kompakt underjord i 1 meters dybde er særlig kritisk for dannelse af et sekundært vandspejl i rodzonen.

Nedsivningsrøret blev fyldt op med vand, og vandstanden i røret blev målt efter 10 minutter, 1 time, 5 timer, 24 timer og 48 timer. Testen blev afsluttet efter 48 timer, eller som røret løb tør.

Resultaterne af nedsivningstestene er sammenfattet i Figur 14. Den gennemsnitlige nedsivningsrate varierede mellem 0 cm/time til 1,8 cm/time, og der var ingen umiddelbar sammenhæng mellem ledningsevnen og bevoksningens sundhedstilstand. Disse flowrater svarer godt til litteraturværdier for lerjord med høj volumenvægt. Raten er op mod 100 gange langsommere, end hvad man finder på sandjord. En kompakt lerjord med volumenvægt større end  $1,7 \text{ g cm}^{-3}$  har en nedsivningsrate, der kan være mindst 10 gange lavere end en tilsvarende lerjord med en mere normal volumenvægt omkring  $1,5\text{-}1,6 \text{ g cm}^{-3}$  for en B-horisont.



**Figur 14** Den gennemsnitlige nedslivningsrate under vandmættede forhold for de tre nedslivningstest foretaget i hver bevoksning. Den sorte linje repræsenterer spændet mellem maksimum og minimum nedslivningsrate. De sunde bevoksninger er markeret med grøn og de syge bevoksninger med rød. Dato og nettonedbøren for testperioden er gengivet øverst i figuren.

Til gengæld ses det mere tydeligt, hvordan en kraftig nedbørsnedbørshændelse i perioden 10.-12. juli 2016 reducerede nedslivningsraten for de fem test, som blev udført i de følgende dage. Især jorden i bevoksning G\_147b og S\_310a udviste en langsom nedslivningsrate, efter at jorden havde fået nedbør. Da testene blev placeret i lavere dele af bevoksningerne, kan sideværts vandbevægelse også have ført til forøget vandindhold på teststedet i de bevoksninger, hvor terrænet havde noget hældning. Et højtstående vandspejl kan også være blevet etableret.

Man kan altså se, at nedslivningen i underjorden hæmmes betydeligt, når jorden vandmættes efter et regnskyl, også selvom jorden var forsøgt opfugtet forud for testens begyndelse for at sikre vandkontakt i porerne med henblik på at opnå strømning. De langsomme vertikale strømningsmuligheder betyder, at bevoksningernes placering i landskabet og den topografiske variation får en stor betydning for vandbalancen i bevoksningen. I fladt terræn kan vandet stort set kun komme væk ved at blive optaget og fordampet af vegetationens transpiration, eller ved fordampning fra overflader på bevoksningen og jordoverfladen.

Det tyder altså på, at de sunde bevoksninger havde bedre horisontale afstrømningsmuligheder end de usunde bevoksninger, som tilmed også fik større vandmængder tilført fra det omkringliggende landskab.

## 6.9 Forekomst af biotiske skadevoldere

Der blev foretaget undersøgelser af biotiske skadevoldere i årene umiddelbart efter de første observationer af sundhedsproblemer inden starten på projektet.

### *Monitering af to-plettet egepragt-bille*

Der blev ophængt fire fælder i QY for at monitere for to-plettet egepragt-bille (*Agrilus biguttatus*), der i udlandet regnes som en faktor i fænomenet oak decline. Desuden blev flere træer undersøgt for flyvehuller og larvegange, Figur 15. Fælder blev tømt ved velvillig assistance fra skovfoged Jesper Hvid Jørgensen og medarbejdere på Bregentved, og indholdet blev bestemt af lektor Hans Peter Ravn, IGN. Der blev udelukkende fundet stor egepragt-bille (*Agrilus sulcicollis*) samt en række andre almindelige insekter, se nedenstående liste.

10/7, fælde 4: 15 stk *Agrilus sulcicollis*, dansk navn: stor egepragt-bille

10/7, fælde 1: 8 stk *A. sulcicollis* plus arter af smeldere, træbuk og tæge

10/7, fælde 3: 2 stk *A. sulcicollis* plus barkbiller (formodentlig egebarkbille, *Scolytus intricatus*), smeldere og en løbebille

10/7, fælde 2: ingen *A. sulcicollis* – men en flue-art

6/8, fælde 1: 4 stk *A. sulcicollis* – og en del andet

11/8, fælde 4: 7 stk *A. sulcicollis* og anden mindre pragtbille-art samt en stor træbuk-art og en del andre dyr

26/8, fælde ?: ingen *A. sulcicollis* – men en del andre biller og mindre træbukke.



I prøverne fra Bregentved blev der ikke fundet to-plettet egepragt-bille, men en billesamler, Kristian Graubæk, fandt arten på Vemmetofte den 7. juli 2015.



Figur 15 Eksempel på D-formet udflyvningshul fra stor egepragt-bille (*Agrilus sulcicollis*) og larvegange under barken på dødt egetræ samt feromonfælde på egetræ i QY hugstforsøg på Bregentved ultimo september 2014. (Fotos: QY, C-hugst, parcel r2, Iben M. Thomsen og Hans Peter Ravn).

### **Screening for patogen bakterie**

I England er der konstateret en bakterie, som forbindes med fænomenet acute oak decline (Denman et al. 2014). Symptomer blev eftersøgt 12. maj 2016 i bevoksninger, hvor der også var vandstandsloggere. Der blev ikke fundet frisk slimflåd, som prøvemateriale kunne udtages fra. "Swabs", dvs. en slags sterile

vatpinde, blev uddelt til projektpartnerne ved mødet 4. august 2016, men der er ikke forlydender om, at de er blevet anvendt. Tilsvarende "swabs" er også udleveret til NFI-hold, men heller ikke her er der kommet indmeldinger om de karakteristiske slimflådsymptomer på eg.

### *Screening for Phytophthora*

På vandlidende jorde kan aggressive arter af *Phytophthora* være medvirkende til rodproblemer og trædød. Typiske arter er *P. plurivora*, *P. cambivora*, *P. quercina* og *P. citricola*. Det er dog ikke altid, at tilstedeværelse af *Phytophthora* kan kædes sammen med sundhedsproblemer i eg (Hansen & Delatour 1999), bortset fra den nye art *P. ramorum*. Både californisk og europæisk visneskimmel, de to udgaver af *P. ramorum*, har givet store problemer på en række forskellige træarter i det vestlige USA og op langs vestkysten af Storbritannien, hvor der også er høj nedbør. *P. ramorum* er ikke konstateret i naturen i Danmark i de år, den har været overvåget som en del af EU-monitoring for karantæneskadegørere.

Generelle tegn på *Phytophthora*-angreb hos træer er tynde, gullige kroner, slimflåd på den nedre del af stammen og brune misfarvninger i inderbarken. Begge de førstnævnte symptomer optræder også ved generel mistrivsel, fx som følge af vandproblemer. Man kan derfor kun konstatere tilstedeværelse af *Phytophthora* via en særlig test eller en laboratorieanalyse. I november 2015 blev der udtaget prøver af barken på træer med slimflåd i Giesegård afd. 236a og 170a, samt i Svenstrup afd. 248a, Figur 16. Der blev ekstraheret DNA fra barkvæv og kørt en qPCR analyse i IGNs laboratorium sammen med tre andre prøver fra Gribskov. Ingen af prøverne udtaget fra træer med slimflåd var positive for *Phytophthora*, Figur 17.

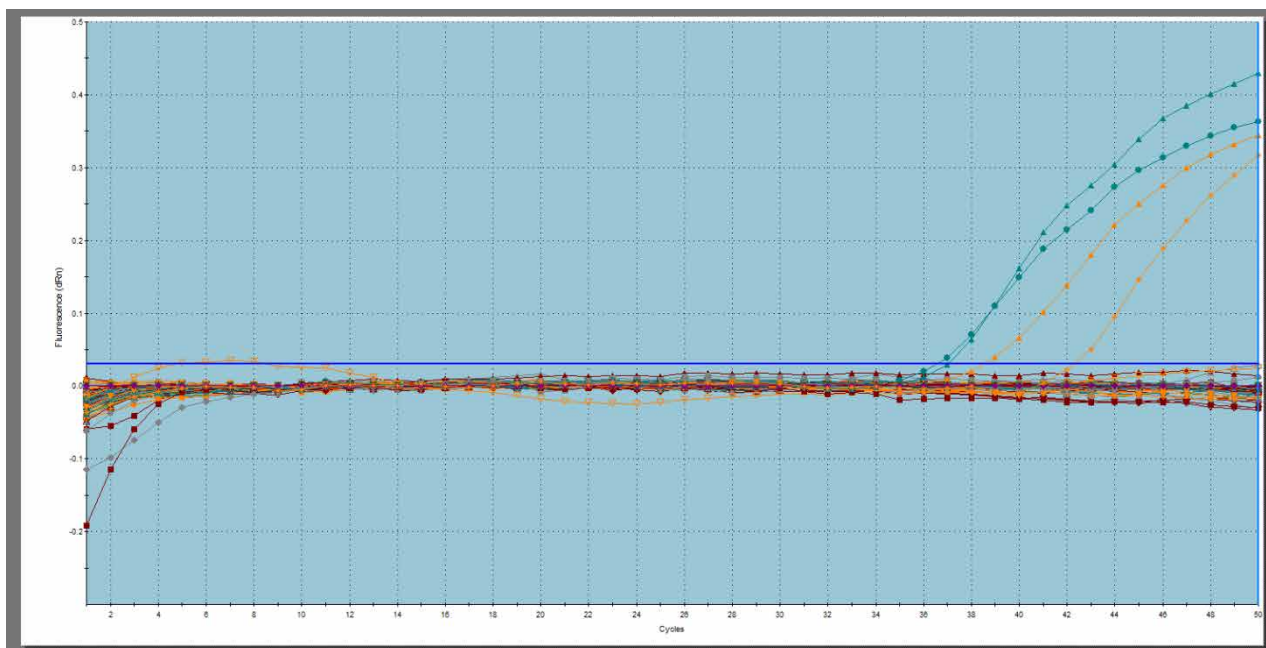
Det kan ikke afvises, at der er *Phytophthora* arter til stede i de svækkede egebevoksninger, men der er ikke fundet tegn på, at de har spillet en væsentlig rolle i sygdomsforløbet.





Figur 16 Eksempler på udtagning af prøver i barken af egetræer med slimflåd. Det meste af den kraftige mørkfarvning af barken skyldes, at der er sprayet med ethanol før prøvetagning. Der blev ikke konstateret *Phytophthora* i disse egetræer. (Fotos: Ingeborg Callesen, november 2015).





Figur 17 Amplification plot som er resultatet af qPCR analysen udført af post-doc Shofiqul Islam. Alle prøver var negative (under den blå linje) undtagen den medtagne kontrolprøve med *P. ramorum*, der slog ud på både den generelle *Phytophthora* primer og den specifikke *P. ramorum* primer.

I forbindelse med en screening for *Phytophthora* i danske skove i 2012 blev der udlagt en såkaldt "bait"-prøve i Stenkildebækken, Grevindeskoven, Bregentved, Figur 18. Brug af "bait" i form af sterile rhododendronblade i netposer udlagt i vandløb er en velafprøvet teknik, som har været anvendt af Bioforsk i Norge til dokumentation af *Phytophthora* i naturen (Talgø et al. 2011).

Omgivelser var yngre eg på den ene side af vandløbet, en eng på den anden side, samt rødæl længere oppe ad bækken. Fra denne "bait" blev der identificeret to *Phytophthora*-arter, herunder en endnu ikke navngivet art som blot kaldes *Phytophthora* taxon Oaksoil. Den er første gang fundet i det nordøstlige Frankrig. Der blev ikke konstateret nogen af de kendte, problematiske arter.

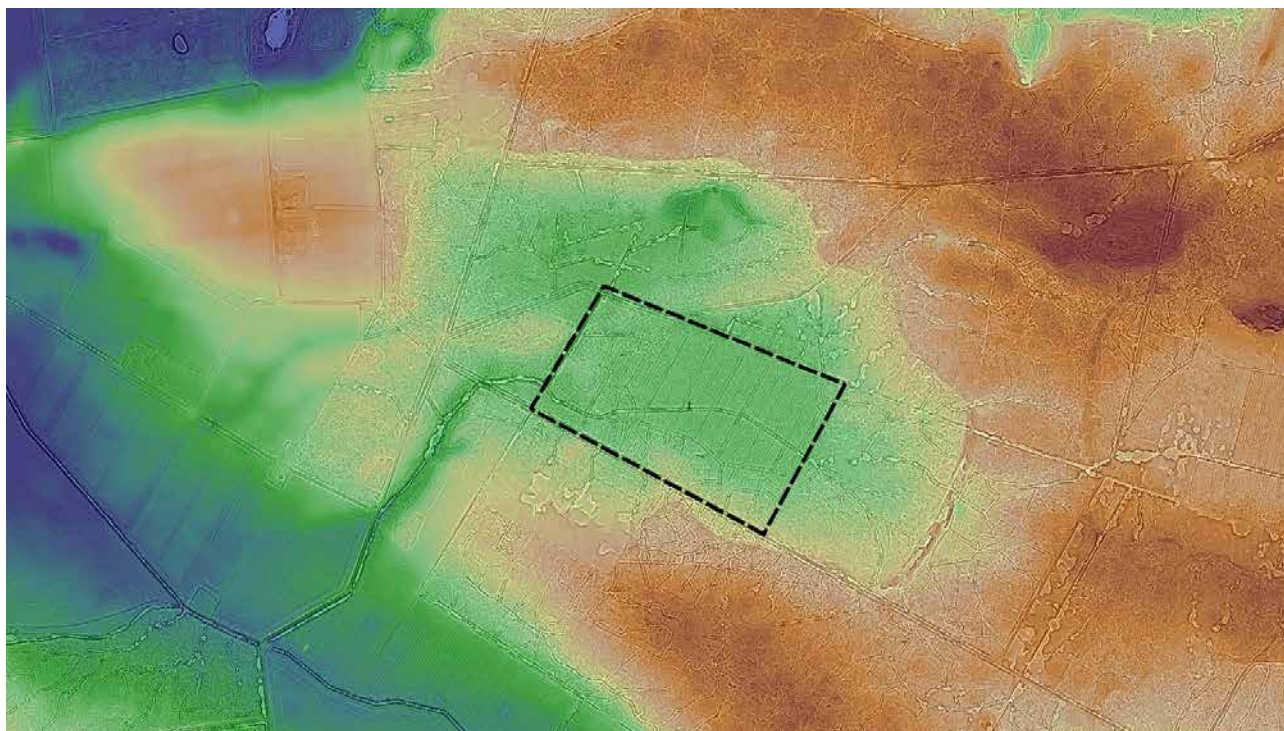




Figur 18 "Bait"-prøve. Foto: Jesper Yde Christiansen, Bregentved.

## 6.10 Observationer af syge bevoksninger i andre dele af Danmark

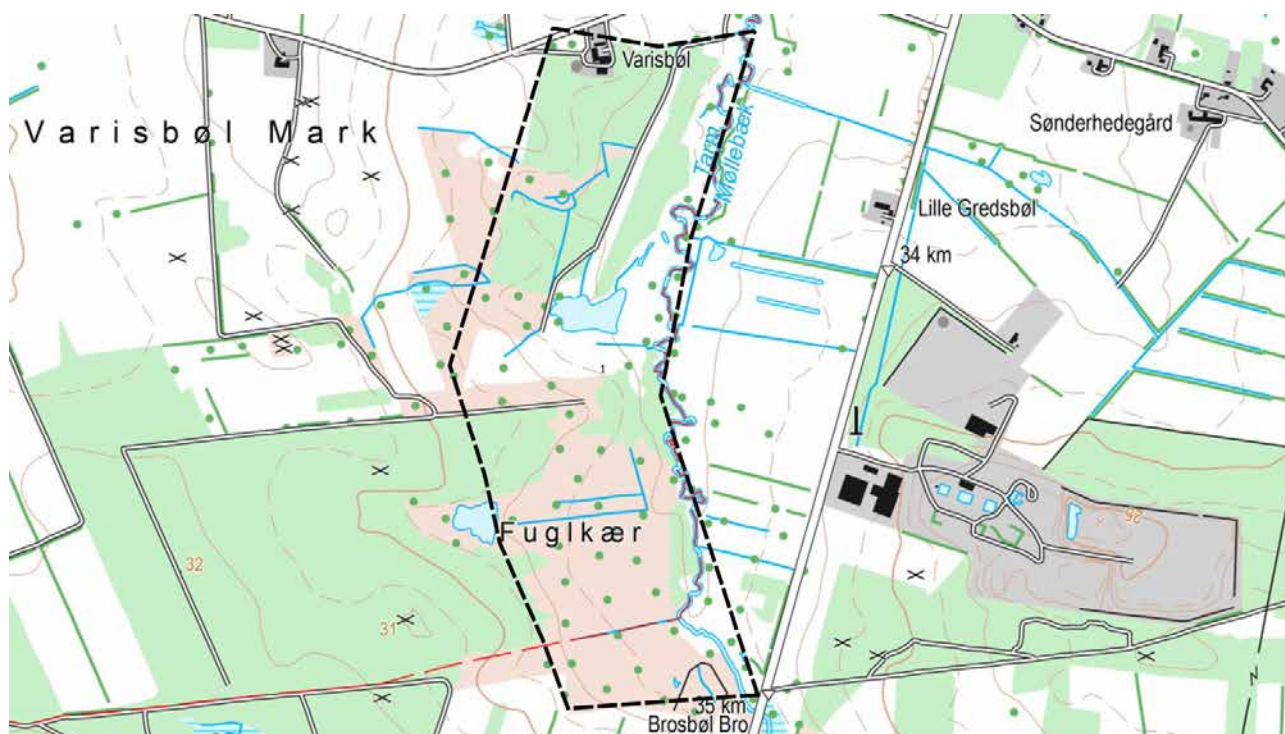
Der er kun ganske få observationer af svækkede egebevoksninger i den landsdækkende skovsundhedsovervågning. En enkelt bevoksning er indrapporteret fra Lolland og er vist herunder sammen med en farvet digital højdemodel, hvor brun er højest beliggende og blå er lavest beliggende terræn, Figur 19. Bevoksningens placering i en lavning, som lader til at være en gammel søbund eller tørvemose, understøtter hypotesen om højt grundvand som udløsende faktor.



Figur 19 Bevoksning med usunde, tyndløvede ege observeret 2015 på Lolland beliggende på fladt lavtliggende areal, tilsyneladende en afvandet sø eller tørvemose på et i forhold til det omgivende terræn (brunt areal).

Andre observationer omfatter bevoksninger på Sydøstsjælland og i Nord- og Vestjylland, fx Brejninge egekrat, der ligger højt og skrånende på kanten af en bakkeø nord for Videbæk, hvor afstrømning burde være uhindret. Krattet er dog ikke blevet besøgt som led i projektet. Egekrattet i Brosbøl plantage (Figur 20) ligger ned til Tarm Møllebæk, men også på skrånende terræn, Figur 20. Det er uvist, hvad der har ført til svækkelse og død, men driftsformen uden hugst og pleje har stået på meget længe. Observationer i Nordjylland var typisk kædet sammen med lavtliggende områder i egebevoksninger (Anders Busse Nielsen, pers. medd. 2014).





Figur 20 Brosbøl plantage, hvor egekrattet er afgrænset af stiplede linje og er beliggende ned til Tarm Møllebæk i Vestjylland. Jorden kan være grundvandsnær tæt på åen. Derimod hæver terrænet sig 5 meter over ådalen i den sydlige del. Lokalt er ikke besigtiget, så der kan generelt ikke siges noget om årsager til forekomsten af døde egetræer.

## 6.11 Delkonklusion om vækst, sundhed og lokalitetsfaktorer

### *Bevoksningernes sundhed og saneringshugster*

Usunde bevoksninger og bevoksninger med usunde træer i afgrænsede områder eller spredte usunde træer fandtes på alle de deltagende distrikter ultimo 2016. Hændelsen var usædvanlig og udviklede sig gennem eftersommeren 2009, 2013, 2014 og 2015. Der var enkelte observationer andre steder i Syd- og Østsjælland, samt nogle få i jyske egekrat. Derudover var der kun få registreringer i den nationale skovovervågning. I 2014 og 2015 var der blevet udført saneringshugster i flere bevoksninger for at redde værdifulde kævlere fra døende og døde træer.

En sammenfatning af de mange enkeltfaktorer er lavet i Tabel 7. Det fremgår, at de usunde bevoksninger har bestemte landskabs- og lokalitetskarakteristika, fx med hensyn til en lavtliggende position i landskabet (signifikant større hyppighed i forhold til en lige fordeling mellem de to grupper), intensiv bundflora med græsser, dårligt eller meget dårligt drænet jord med augustvandstand indenfor 100 cm fra terrænoverfladen. De fleste sunde, men næsten alle usunde bevoksninger var beliggende på flader med under 2% hældning. Nogle af de sunde var beliggende i let kuperet terræn.

**Tabel 7 Chi-kvadrattest af de enkelte undersøgte faktorer ved optælling af antal bevoksninger med bestemte karakteristika. En signifikant teststørrelse af Chi-test (fremhævet) viser, at fordelingen ikke er tilfældig**

Lokalitetsfaktorer i undersøgelsens bevoksninger	Sund/Sund_e, antal bevoks.	Usund, Antal bevoks.	Total	Chi- kvadrattest
Hældning: Flad eller næsten flad	7	10	22	0.47
Position i landskab: Bund eller nede	2	9	22	<b>0.03</b>
Landskabselement: Dødis eller randmoræne	4	1	22	0.18
Bundflora: Græsbundet, mosebunke mv.	5	10	22	0.20
Bluespotareal over 10%	5	6	22	0.76
Dræningsklasse: dårligt eller meget dårligt drænet jord	5	11	22	0.13
Fluktuerende sommervandspejl	1	5	16	0.10
Augustvandstand højere end 100 cm under terræn	1	8	21	<b>0.02</b>



### *Landskab, terrænforhold og jordbund*

Alle bevoksninger på Sjælland voksede på lerjord på ungmoræne i fladt eller næsten fladt terræn, oftest med tegn på ufuldstændig, dårlig eller meget dårlig dræning i ringe dybde. Sunde bevoksninger fandtes oftere i let kuperet terræn eller på højere beliggende landskabsdele, selvom terrænet ellers var fladt.

Der var pseudogley (rød/grå farver) og eller gley (lyse nuancer af blå og grå fra 30-50 cm dybde). A-horisonen var ofte dyb og humusrig. En enkelt bevoksning befandt sig i en tørvefyldt lavning i et dødislandskab. Bevoksningen på tørvejord var usund og helt oversvømmet i foråret 2016. Bevoksningerne var beliggende både på randmoræne og dødislandskab og på kompakt bundmoræne eller flader med issøler bag små randmoræner. Bevoksningerne i let kuperet terræn var mere sunde end bevoksninger på issøler, på flad bundmoræne og på postglacialt tørv. Dog kunne afløbsløse lavninger i de ellers sunde bevoksninger have usunde træer, et mønster, der indikerer, at vandstuvning er årsag til sygeligheden. De undersøgte bevoksninger voksede ofte på kalkholdig jord, så der fandtes ikke Bt horisonter, der dannes ved lernedslemning på sure lerjorde. Derimod var underjorden i bevoksninger på bundmoræne ofte kompakt, og nedsivningstest viste langsom nedsivning, især når det lige havde regnet og et mættet flow skulle etableres.

### *Vandstand*

Forårvandstanden var ensartet og høj i alle bevoksninger, ofte omkring 40-60 cm under terræn. Der blev generelt målt højere augustvandstand i usunde bevoksninger i helt fladt terræn end i sunde bevoksninger, som havde haft god fordampning hele sommeren. Vandstanden i de usunde bevoksninger kunne være fluktuerende efter kraftig eller langvarig regn. Denne type bevoksninger vurderes derfor som mere sårbare overfor ekstremnedbør. Det var især usunde bevoksninger, som havde fluktuerende vandstand.

Variation i vandstanden indenfor bevoksninger følger terrænkoten, fx i forsøg QY, så vandstanden generelt er højere i lavere beliggende dele. Grøfter er afgørende for afledningen af vinterens overskudsnedbør og var typisk vandførende om foråret. Grøfterne har dog også en vigtig funktion, når de skal aflede store mængder nedbør om sommeren. Vandstanden steg i flere bevoksninger efter kraftige eller længerevarende nedbørshændelser (Figur 10 og Figur 11), men faldt ellers jævnt gennem vækstsæsonen i 2016. Jorden kan aflede overfladevand til grøfter, især hvis terrænet har lidt hældning. Kapaciteten i luftfyldte porer til at optage overfladevand afhang meget af det aktuelle vandspejl i jordbunden og vandindholdet i jordbundens umættede zone. Dette blev vist ved test af nedsivningshastighed i underjorden i 10 bevoksninger.

### Grøftning

Bevoksningerne var alle grøftede, og nogle havde et tæt grøftenet eller havde gennemgående hovedgrøfter, der fører vand fra omkringliggende bevoksninger. Grøftevedligeholdelse udføres generelt relativt ofte, og defekte overkørsler reparerer, men regnen kan komme før en reparation. Grøfternes forløb, længde, dybde og bredde kan studeres på detaljerede digitale højdemodeller. Vandaflodningen fra hovedgrøfter beror på, at der er tilstrækkelig vandføringskapacitet længere nede i vandløbssystemet. Hvis der kommer meget nedbør på en gang, er det ikke sikkert, at vandføringskapaciteten har været tilstrækkelig, og der ophobes vand i lavtliggende områder omkring hovedgrøfterne. Bluespotkort viser, hvor sådanne områder findes. De usunde bevoksninger havde gennemgående store bluespotarealer i forhold til de sunde, men andelen med mere end 10% bluespot areal var ikke signifikant større.

### Flora

Høje græsser som mosebunke, og nogle steder rørgræs (*Phalaris arundinacea* L.) og sivarter som lysesiv blev observeret i terrænet i en del bevoksninger i kategorien 'usund', men var ikke fremherskende i raske bevoksninger, som havde større dominans af urter og lave græsser og frytler. Samtidig havde sunde bevoksninger en større andel af bevoksninger med underetage af vedplanter som hassel og tjørn. Lysesiv var fremherskende i kørespor i de fleste bevoksninger, men oftest og mest massivt i syge bevoksninger.

### Biotiske skadevoldere

Den mulige tilstedeværelse af forskellige arter af *Phytophthora* sp. blev undersøgt. Der blev specifikt undersøgt for den frygtede *P. ramorum*, der forårsager 'sudden oak death' og som spredes med *Rhododendron* sp. Der blev ikke fundet *P. ramorum* eller andre typer *Phytophthora* i slimflåd fra syge træer, som blev indsamlet i november 2015. En patogen bakterie, som er udbredt i England, blev eftersøgt i maj 2016, men der var ikke slimflåd at tage prøver fra per maj 2016. To-plettet egepragt-bille blev ikke fundet (udover et enkelt eksemplar), og andre skadevoldere som stor egepragt-bille (*Agrilus sulcicollis*) og egebarkbille (*Scolytus intricatus*) ansås som sekundære skadevoldere. Rhizomorfer og hvide mycelfaner af honningsvamp (*Armillaria* sp.) blev observeret på døde og døende træer. Honningsvampen angriber og dræber oftest træer, der i forvejen er svækkede.

### Faktorer relateret til dyrkning

Kørespor blev registreret ved manuel digitalisering i et par bevoksninger på grundlag af DEM40 cm højdemodellen (LiDAR, Geodatastyrelsen 2015). Mange, dybe kørespor og andre observerbare spor var sammenfaldende med at bevoksninger også var usunde, i højere grad end tilfældet var hos de sunde

bevoksninger. Kørespor er ikke nogen sikker indikator for sundhedstilstand, da deres tilstedeværelse kræver, at der er kørt med maskiner på våd jord. Tilstedeværelsen af mange og dybe spor viser, at skovning og transport ved en eller flere lejligheder har været sammenfaldende med, at jorden har været våd og har haft relativt dårlig bæreevne. Bevoksninger uden kørespor kan så konkluderes at være mindre våde, eller de har blot undgået skovnings- og transportaktivitet, mens jorden var våd. Hvis rutinen med opmåling af kørespor på de digitale højdemodeller kan automatiseres ved digital billedbehandling, vil overvågning af kørespor kunne bidrage til skovovervågningen og til kvalitetsarbejdet i relation til entreprenører.

## 7. Resultater af historisk analyse af klimadata, vækst og sundhed i eg

Formålet med kapitlet er at se på historiske nedbørstrends i relation til de observerede sundhedsproblemer i egebevoksninger. Det foregående kapitel viste, at skaderne stort set har været afgrænset til relativt flade bundmorænelandskaber på lerjord i det sydøstlige Danmark i årene 2013-2015. Det leder til ønsket om at dokumentere den historiske udvikling for årsnedbør og nedbør i vækstsæsonen i årene op til hændelsen. Herunder er det interessant at undersøge tidligere hændelser med ekstremregn og langvarige perioder med megen regn i vækstsæsonen.

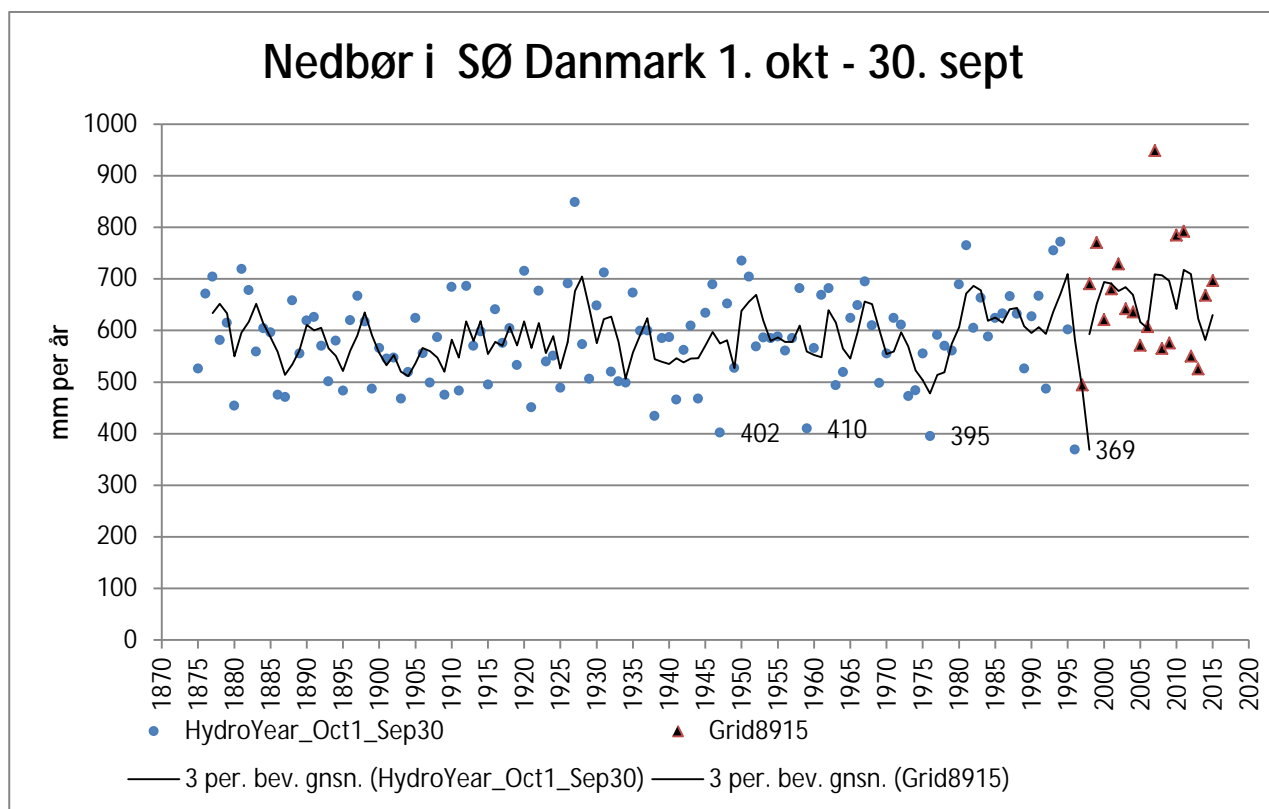
Ved opstilling af en simpel vandbalancemodel med antagelse om et højtstående vandspejl undersøges virkningen af forskellig vandretentionskapacitet i jordbunden. Denne kapacitet udgøres af jordens porevolumen over vandspejlet, dvs. i den umættede zone. Vandspejlet bestemmer til enhver tid dybden af den umættede zone i jorden, hvor porerne kun er delvist vandfyldte. Et højtstående, stillestående og varigt vandspejl vil sammen med jordens poreindhold for porer større end visnegrænsen ( $pF = 4.2$ ) og evnen til at infiltrere vandet i overfladen tilstrækkeligt hurtigt definere jordbundens evne til at optage nedbør. I fladt terræn kan vandet kun forlade rodzonen ved transpiration og fordampning eller via grøfter, hvis grænsen mellem den mættede og umættede zone står tæt på overfladen.

Nettonedbøren er større, når trækrønernes tilbageholdelse af nedbør (interception) er begrænset på grund af insektafløvning og manglende udspring. Selvom der dannes nye blade ved Skt. Hans-skud, er interceptionen mindre i juni. I kapitlet undersøges det derfor, hvordan afløvning påvirker vandindholdet i jordbunden. Når insektafløvning og nedbørsrige år falder sammen, kan virkningen på jordens vandindhold blive forstærket, og træernes rodtrum blive indskrænket så meget nedadtil, at røddernes funktion er blevet påvirket.

### 7.1 Udvikling i årsnedbør og sommernedbør fra 1874-2016

Nedbør og variation i nedbør er meget lokalt betinget, og derfor fokuseres der på nedbørens udvikling over tid med tidsserier fra Sydøstsjælland. Årsnedbøren i Figur 21 er sammensat af flere serier fra DMI's måneds og ugerapporter fra Sydøstsjælland (Callesen, 1997). Efter 1996 indeholder figuren summerede dagsværdier for nedbør som gennemsnit af fire gridceller fra DMI's 10x10 km klimagrid med angivelse af gridcellenummer i parentes: Svenstrup (10531), Giesegaard (10532), Grevindeskov (10551) samt Vemmetofte og Ganneskov (10570).

Data for temperatur og potentiel fordampning stammer fra DMI's 20x20 km klimagrid (Cappelen, 2015). Gridcelle 20156 dækker Svenstrup, Giesegaard og Grevindeskov, og gridcelle 20167 dækker Vemmetofte og Ganneskov.



Figur 21 Årsnedbør regnet fra 1. oktober året før til 30. september i det aktuelle år for Sydøstsjælland. Den laveste nedbør blev målt i 1996, mens øvrige år med tørke var 1947, 1959 og 1976 (mm nedbør per år angivet i parentes). Den højeste nedbør blev målt i 2007 for de fire gridceller, der dækker lokaliteterne (Grid89-15).

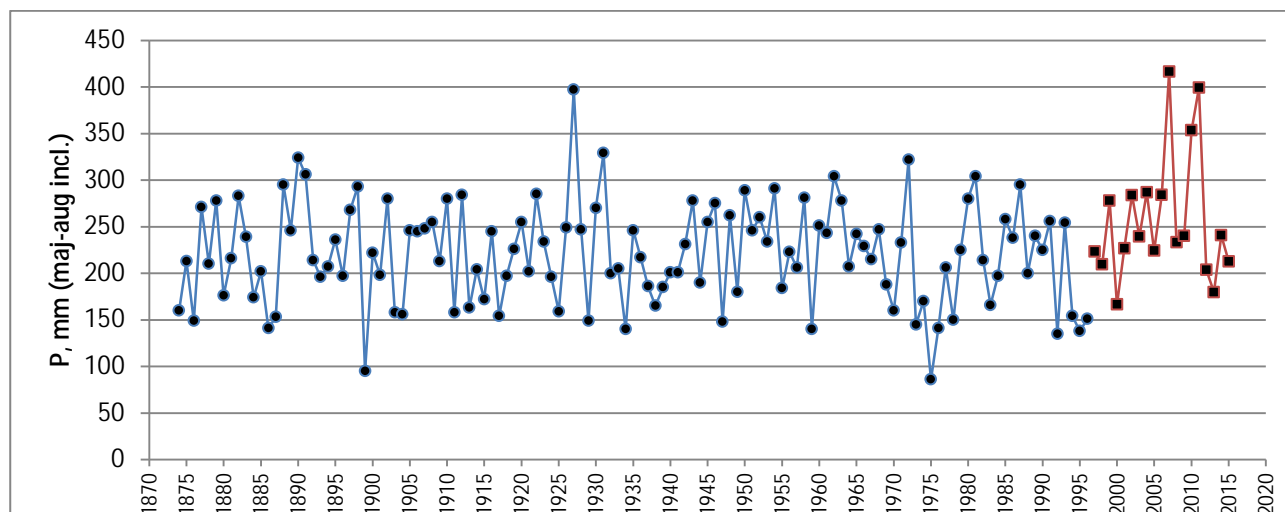
Det fremgår af Figur 21, at årsnedbøren målt fra 1. oktober i det foregående år til 30. september i det aktuelle år som treårsgennemsnit har holdt sig mellem 500 og 700 mm i projektområdet, men at det tørreste år med 369 mm (1996) og vådeste år (2007) med 948 mm er forekommet indenfor de sidste 25 år. Samtidig har der været tre våde år indenfor de sidste 10 år, nemlig 2007, 2010 og 2011. Egebevoksningerne har skullet tilpasse sig større udsving i nedbøren med hyppigere ekstremt våde år, men man bemærker også året 1927 som et vådt år med 849 mm nedbør.

## 7.2 Sommernedbør og ekstremregnhændelser for Midt- og Sydsjælland

Sommernedbøren har også udviklet sig over tid. Selvom egen først springer ud i slutningen af maj, er træerne biologisk aktive tidligere. På baggrund af dagsværdier for årene 1989 til 2015 (DMI) og



månedsværdier for Midt- og Sydsjælland tilbage til 1874 (DMI) ses det, at nedbøren om sommeren i flere tilfælde har været høj gennem de sidste 140 år. Den har også været lokalt afvigende fra landstal. Ud af fire somre i perioden med nedbør over 350 mm er de tre forekommet indenfor de sidste 10 år, nemlig 2007, 2010 og 2011.



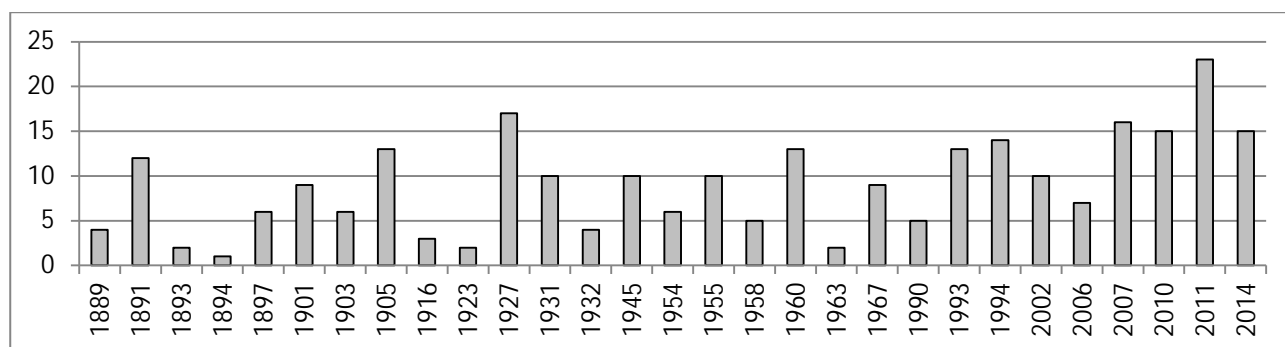
Figur 22 Sum af månedsnedbør maj, juni, juli, august for Sydøstsjælland 1874 – 1996 (blå kurve). DMI månedsrapporter for Sydøstsjælland. Fra 1997-2015 er data gennemsnit af udvalgte gridceller, som dækker de berørte skove (rød kurve) fra Klimagrid, dmi.dk.

Høj nedbør kan både skyldes enkelte, intense skybrud eller være resultatet af mere varig og hyppig regn over en længere periode. For at indregne begge typer nedbørshændelser, er det her beregnet og vist i Tabel 8, hvor mange gange en 14-dages sum har oversteget 100 mm i vækstsæsonen fra egens løvspring til løvfald, her regnet som 1. juni til 1. november. En enkelt nedbørshændelse på over 100 mm døgnnedbør vil derfor indgå i 14 glidende perioder. Ved denne metode kan det vises, at der har været forskel mellem distrikterne, men at årene 1993-94, 2007 og 2010 går igen for alle distrikter, mens 2009 var regnfuld på Svenstrup og 2011 var regnfuld på Vemmetofte distrikt.

Tabel 8 Antal glidende 14 dages perioder med over 100 mm nedbør på 14 dage i månederne juni-oktober incl. i årene 1989-2015 (Klimagrid 10x10 km). Der er mange perioder på alle distrikterne i 1993 og 1994, samt i juni og juli 2007, i august 2010 og på Vemmetofte distrikt i august 2011.

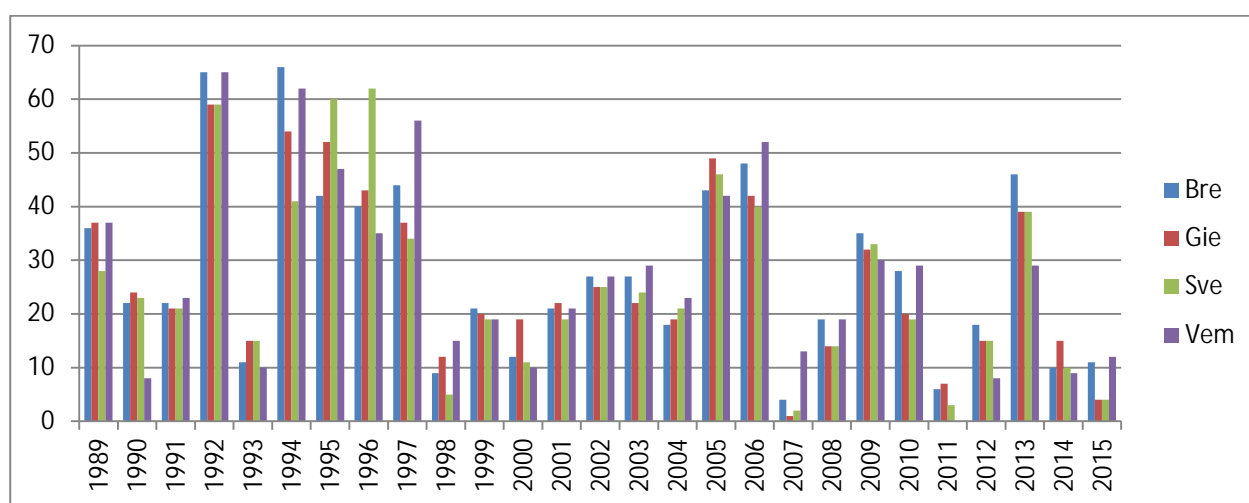
År	Bregentved	Giesegaard	Svenstrup	Vemmetofte
1989	12	14	10	
1990		5	6	
1991	2			2
1993	17	15	15	22
1994	14	14	14	8
1997			12	
1998			1	
1999			1	
2001			6	
2002	1			4
2005	5			2
2006				1
2007	13	13	14	14
2009		6	15	
2010	10	10	10	11
2011				14

Det er undersøgt, om frekvensen af disse 14-dagesperioder med mere end 100 mm regn er øget i perioden fra 1874 til 2014, hvor der findes data fra Landbohøjskolens målestation, Frederiksberg. Antallet af perioder er øget efter år 2000, hvor 6 ud af de 29 indtrufne år med 14-dagesperioder over 100 mm nedbør ses at forekomme. 2011 var det år i hele perioden fra 1874, som havde flest 14-dagesperioder med over 100 mm regn pga. skybrud 2. juli.



Figur 23 Antallet af 14-dages perioder (y-akse) med over 100 mm nedbør i egens løvbærende periode 1. juni – 1. november i de 29 år siden 1874, hvor disse hændelser forekommer. Data fra klimastationen i Landbohøjskolens have (DMI).

Nedbørsfattige perioder, regnet som 14-dages perioder med mindre end 10 mm nedbør, er vist i Figur 24 for de fire distrikter for perioden 1989 til 2015. Der ses en betydelig variation mellem årene. År med relativt mange nedbørsfattige 14-dagesperioder var 1992 og 1994-96, 2005-6, 2009 og 2013. Overordnet har der været få nedbørsfattige 14-dagesperioder efter år 2000, når man sammenligner med årene i 1990'erne. Det kan betyde, at den mættede zone i jordbunden generelt har optrådt i ringere dybde end i 1990'erne, idet en dyb sænkning af vandspejlet ved fordampning ikke har fundet sted om sommeren, som det skete i 1990'erne (se omtale af afvandingsforsøg EE senere).



Figur 24 Antallet af glidende 14-dages perioder med mindre end 10 mm nedbør i månederne juni-oktober (incl.), hvor egetræerne bærer løv.

Årsnedbøren i Sydøstsjælland er øget i perioden 1874 – 2015, og det gælder også sommernedbøren i enkeltstående år som 2007, 2010 og 2011. Dette gælder både enkeltstående skybrud som i 2011 og længerevarende regnfulde perioder som i 2007. Det indikerer, at vandmætning af jorden og dræningsforholdene sandsynligvis har haft stor betydning for de svækkede bevoksninger i 2013-2015.

## 7.5 Tilvækst belyst ved årringsanalyser i QY

Sammenhængen mellem vækstforhold og klima blev undersøgt nærmere ved dendrokronologi. Der blev lavet en analyse af den årlige tilvækst baseret på stammeskiver (1.3 m over jorden) fra sunde, døende og døde træer fra et af IGNs hugstforsøg i stilkeg (QY, Grevindeskoven, Bregentved) for årene 1929 – 2014, hvor der var døde træer i bevoksningen. Tilvæksten har varieret mellem 1 og 4 mm per år med en betydelig variation mellem årene. Tilvæksten aftog naturligt gradvist efter 30-årsalderen, Figur 25, og alder er hovedårsagen til den nedgående trend. Her fokuseres der udelukkende på variationen mellem årene og sammenfald med klimahændelser af betydning for vandbalancen. Tilvækstnedgang blev observeret i 1993-94, i 2007 og i årene efter 2011, hvilket er sammenfaldende med større udsving i nedbøren og senest tre våde somre, samt en afløvning i 2012. Der blev fjernet tørre træer i 2009 og 2014, især i nogle hårdt ramte parceller. De tilbageværende sunde og døende træer reagerede positivt med vækst i 2008 og 2009, måske som følge af den mindskede konkurrence fra de døende og døde træer. Den let forbedrede vækst for de to kategorier kan dog også skyldes, at 2008 og 2009 ikke var regnfulde eller havde afløvning.

De forskellige hugstbehandlinger (A, B, C og D) er ikke lige repræsenteret i figuren. De sunde træer i D-hugstparceller har haft højere tykkelsesvækst frem til ca. 1984, men ellers har træerne siden fulgtes ad i årlig tilvækst indtil efter 2007.

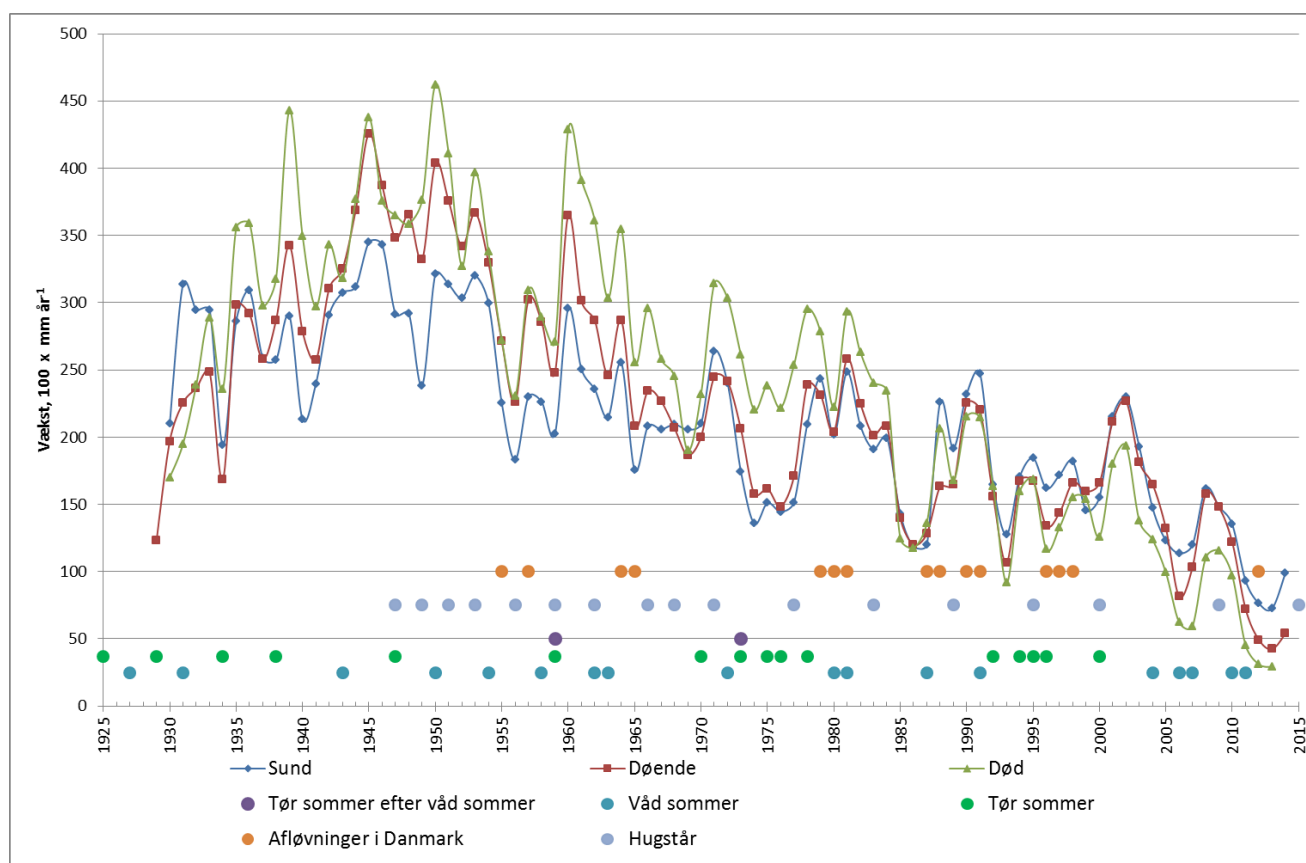
Det blev undersøgt, om en våd vækstsæson (maj-august incl.), som var mere nedbørsrig end 80%-fraktilen på 277 mm) efterfulgt af en tør vækstsæson (mindre end 20%-fraktilen på 172 mm) faldt sammen med tilvækstdyk, og om våde vækstsæsoner i sig selv gav tilvækstdyk. I figuren er våde somre vist med blå prik, tørre somre med grøn prik, og tørre somre efter våde med lilla prik. Hugstår (lyseblå prik) gav ofte, men ikke altid, vækstøgning i følgende år, men effekten af hugst kan dog sløres af de fire træer fra den utyndede A parcel. Træerne reagerer tilsyneladende positivt tilvækstmæssigt på hugst mellem 1950 og 1970, mens det samme mønster ikke gentager sig fra 1970 til 2015, hvilket dog delvist kan tilskrives stigende træalder. Der er brug for yderligere analyser og sammenligninger med egetræer fra hugstforsøg, som ikke er påvirkede af høj vandstand, for at udrede den komplekse sammenhæng mellem nedbør, temperatur, afløvning, hugst og jordbundsforhold.

Man kan måske hævde, at der er en ophobning af våde somre fra 2000 og frem, og at dette falder sammen med tilvækstnedgang og større dødelighed, hvilket indtraf i 2013 for gruppen 'døde træer'. Man kan også hævde, at der tidligere har været vækstdyk efter kombinationen våd sommer efterfulgt af tør, fx 1959 kombineret med afløvning. Tre år med høj sommernedbør inden for de sidste 10 år er ikke set tidligere i QY-bevoksningen. Der kan bedst sammenlignes med perioden i slut 50'erne, hvor der var stor nedgang i væksten på figuren. I Danmark var der generelt afløvninger i 1955 og 1957, en våd sommer i 1958 efterfulgt af en tør sommer i 1959. Det fænomen, at der har været mange våde somre i de senere år kan betegnes



som en ny udvikling i forhold til det 20. århundrede. I QY bevoksningen var der en tilvækstnedgang efter år 2000 med lavpunkt i 2005 og 2006 og igen i 2011, 2012 og 2013.

Væksten i eg påvirkes også positivt af varme, så i en formel statistisk analyse skal disse virkninger filtreres ud, men vil ofte være modsat korreleret med nedbøren. Derfor har der måske ikke været så stærkt fokus på høj nedbør som direkte årsag til årsvariation i tilvækst. Vækstmønstrene er komplekse, men en klimavirkning er til stede og meget peger på, at vandmætning af rodzonen var en udløsende faktor for den øgede dødelighed og dårlige beløvning i QY i årene fra 2013-2016. Udviklingen startede allerede efter 2007, og det var nødvendigt at fjerne usunde træer i 2009. Dette blev efterfuldt af to våde somre og en yderligere afløvning i 2014.



Figur 25 Tilvækst målt ved årringsanalyse for udvalgte træer i tre sundhedskategorier i QY (fældet ved alder 90 år i foråret 2015, plantet 1925). Antal træer med hugst: Sunde (et af hver fra A-, B-, C- og D-hugst), døende (2 A-, 6 B-, 6 C-, 4 D-hugst), og døde (1 A-, 2 D-hugst). I alt 25 træer. Desuden er de våde somre, relativt tørre somre året efter en våd sommer, hugstår (forår), samt afløvningsår generelt i Danmark vist. 2014 var et lokalt afløvningsår i QY.

## 7.6 Langsigtet forsøg med pejling af grundvandsstand – et vidnesbyrd om brugen af maskiner til skovning og udkørsel?

Sammenhængen mellem skovdrift og dybden til grundvandsspejlet er blevet indgående undersøgt af H.

Holstener-Jørgensen og ledte til en doktordisputats i 1962, hvori det blev vist, at træarterne har forskellig

påvirkning af vandstanden henover vækstsæsonen. Forskellige forsøg med afvanding og dræning blev sat i gang. Skovbruget har siden 1950'erne gennemgået en omfattende mekanisering, der nu omfatter maskinel behandling i de fleste driftsoperationer i løvskovbruget, herunder også hugst og udkørsel. Maskinerne, der bruges, er blevet større og tungere.

I et afvandingsforsøg i Ganneskov, Bregentved (også kaldet flagforsøget) blev 31 brønde etableret, og forskellige bevoksninger blev etableret i hver af fire parceller.

Parcel 1: Stilkeg (hollandsk eg, plantet i foråret 1966). Brønd 1-5 og 28-31.

Parcel 2: Rødgran, som væltede i foråret 1995 og siden er tilplantet med rødæl. Brønd 6-13.

Parcel 3: Rødgran/eg blanding, men fra 2005 eg, fordi rødgran væltede og blev fjernet. Brønd 14-20.

Parcel 4: Bøg. Brønd 21-27.

Vandstanden blev i starten målt hver 14. dag i 31 brønde og senere en gang om måneden af skovarbejder Bent Hansen, Karise og dennes far i hele perioden fra 1958 til nu, dvs. i næsten 60 år.

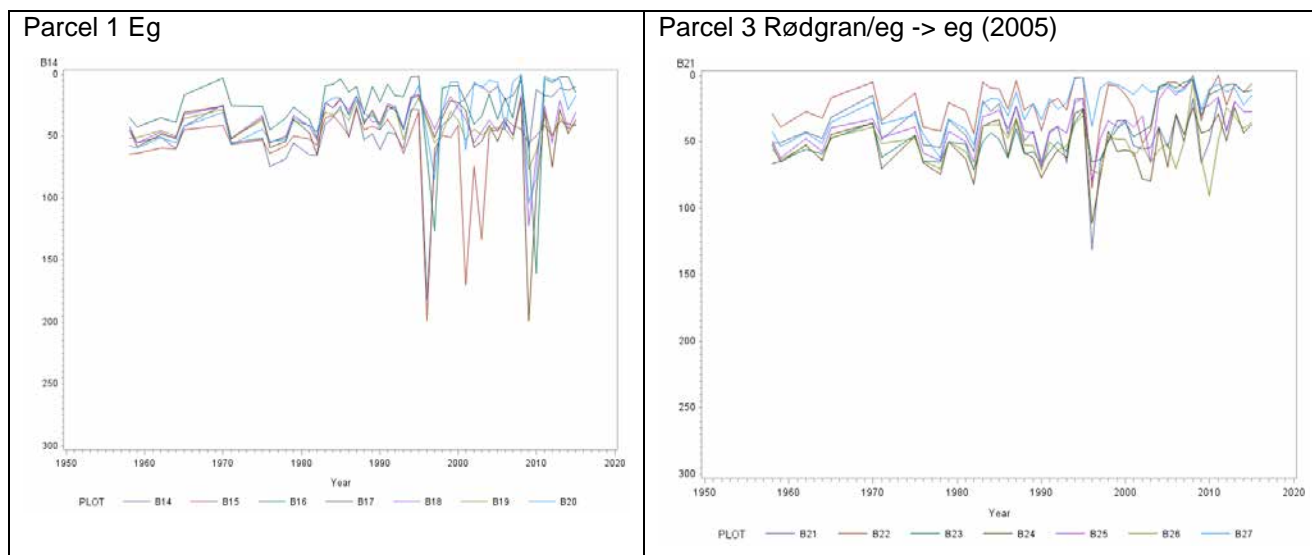
Parcel 1 og 4 har oplevet en jævn bevoksningsudvikling med tynding i årene 2004, 2010 og 2016, mens parcel 2 og 3 har oplevet store skift i kronemassen i henholdsvis 1995 og 2005. Disse skift ser ud til at have øget grundvandsstanden i brønd 6-13 via ændringer i fordampning fra kroner og jord samt transpiration fra bladene, da den plantede rødæl voksede langsomt og ikke så ud til at være i god trivsel.

Pejlingerne fra forsøget viser, at nogle pejlebrønde over tid er ophørt med at vise variation henover året (kun udvalgte data er vist), mens andre fortsat viser årstidsvariation, således at vandstanden synker henover sommeren i takt med træernes transpiration og fordampningen fra jordoverfladen.

I forsøgets første 30 år var brøndene foret i den øverste halve meter med et betonrør for at forhindre sammenskrivning. Man satte trælåg på rørene for at forhindre tilstopning, og at mindre dyr falder i. Den nedre, uforede del blev jævnlige boret op. I årene omkring 1990 (årstallet kendes ikke præcist) blev der sat kloakrør af PVC i længden 2 meter med diameter 10 cm ned i brøndene. Virkningen var, at brøndene herefter var tætte i siderne. Pejlingerne af vandstand før og efter rørsætningen er derfor ikke helt sammenlignelige med målingerne indtil 1990. Man kan muligvis regne med niveauændring og forsinkelser i opnåelse af ligevægt inde i røret og vandstanden udenfor røret som følge af den dybe rørsætning.

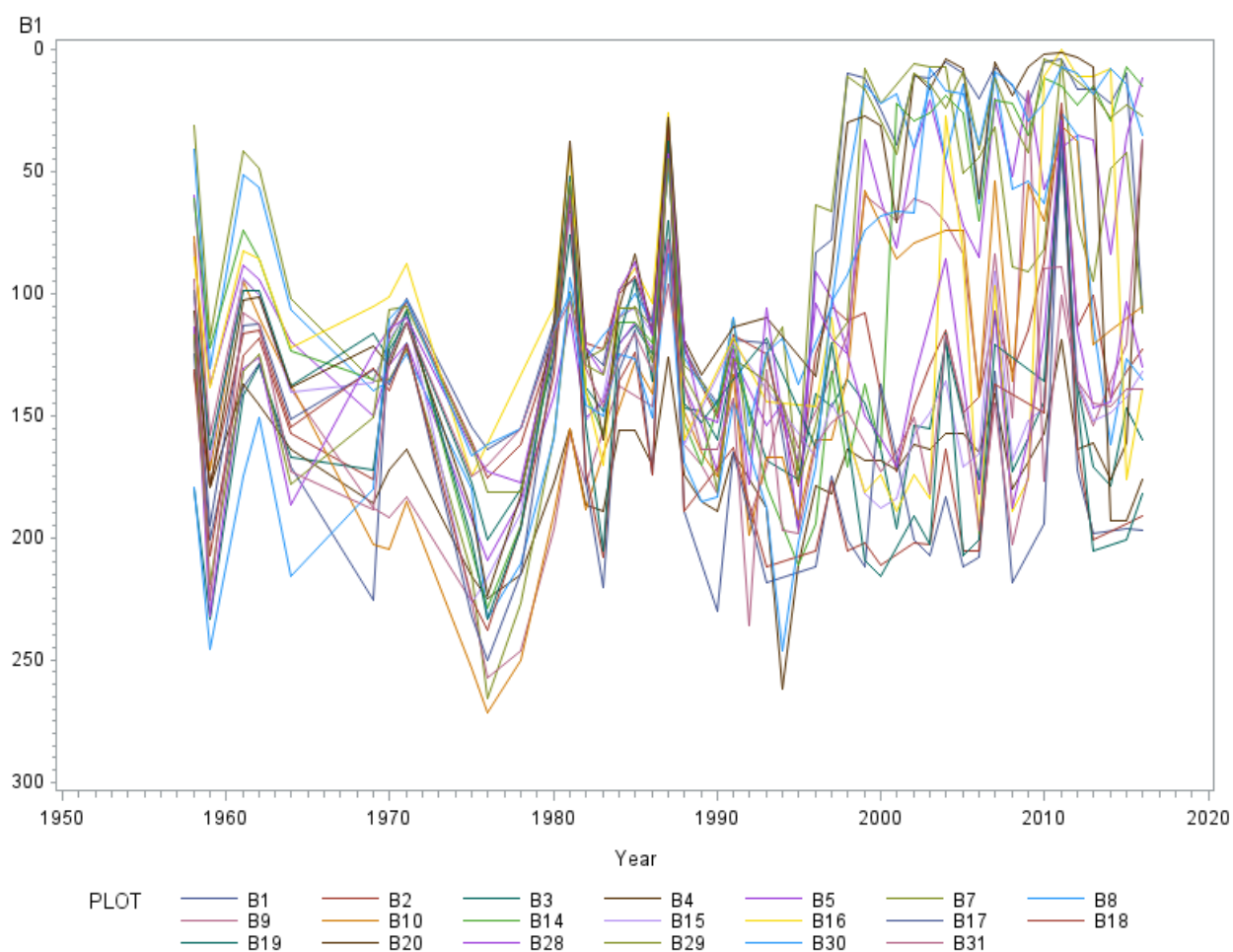
Udviklingen i april-vandstand, dvs. et gennemsnit af aprilmålinger, i parcel 1 (eg) og parcel 3 eg (tidl. Eg/rødgran) vises i Figur 26. Der ses måske en svagt stigende tendens for forårsvandstand i området 20 – 50 cm under terræn, der kan være en effekt af mere vinternedbør, men også en tydeligt større variation imellem brøndene, som kan sammenkædes med rørsætningen omkring 1990. I vinteren 2016 stod der

blankt vand i overfladen i parcel 4 bøg for første gang i perioden (Bent Hansen, pers. komm.). Året 1995-96, som var det mest nedbørsfattige i perioden efter 1874, ses tydeligt som et dyk i april-vandspejlet i begge parceller, og brøndene i parcel 1 var desuden også tørre flere gange i 00'erne i et mere sandet område nær hovedgrøften.



Figur 26 Aprilvandstand, cm under terræn fra 1958 – 2016. Normalt er april-vandstanden ca. 50 cm under terræn, men efter 1990 bliver det meget mere variabelt mellem brøndene, evt. som følge af rørsætningen, men også som følge af et lokalt større vandindhold i den umættede zone.

Før 1990 var vandstanden i rørene meget ensartet i forsøget, men dette ændrer sig til et mere variabelt mønster efter 1990, Figur 27. Hvis man kun ser på de brønde, der fortsat viser en varierende augustvandstand fra år til år som forud for rørsætningen, er der samstemmende høj augustvandstand i en del brønde i 2007 og i mange brønde til 30-50 cm under terræn i august 2011; de nedbørsrige somre. Nogle pejlebrønde lå i og ved kørespor, og det blev undersøgt, om vandspejlet i disse brønde havde udviklet sig anderledes over tid end de øvrige brønde. Det viste sig, at alle brønde i og nær spor løb fulde af vand i løbet af 90'erne, og på nær brønd 12 viste meget ringe variation over årene, Figur 28. Figurens kurveforløb kan være et tegn på, at komprimeret lerjord har en lavere hydraulisk ledningsevne end ukomprimeret lerjord med lavere volumenvægt. Selv om vandet skal finde ligevægt fra rørets 2 m dybde, er det fordampningen fra overfladen omkring røret, der skal sænke vandstanden inde i røret. Denne fordampning var tilsyneladende forringet pga. jordkomprimering omkring køresporene.



Figur 27 Gennemsnitlig augustvandstand, cm under terræn, i pejlerør i alle forsøgets brønde fra 1958 og frem til 2016 (manglende data for år: 1963, 1966-1968). Tydeligt lavpunkt i august 1976 og tydelige høj vandstand i august 1981 og 1987. For de pejlerør, hvor vandet fortsat er bevægeligt, ses højt vandspejl i 2007 og især i 2011.

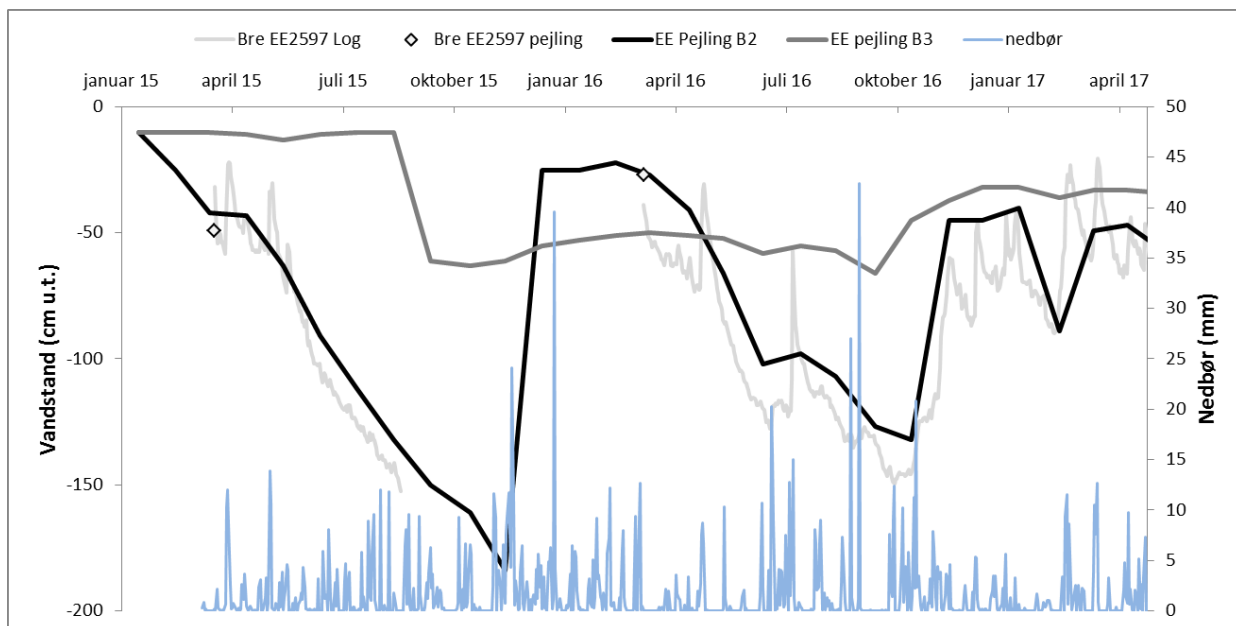




Figur 28 Gennemsnitlig augustvandstand per år i pejlerør i eller ved kørespor. Efter 1990 ophører den ensartede vandstand i parcel 2, som blev tilplantet med rødelt (brønd 6 -13). Der ses en stigning i vandstanden. Alle brønde, på nær brønd 12, viser en høj vandstand i august måned.

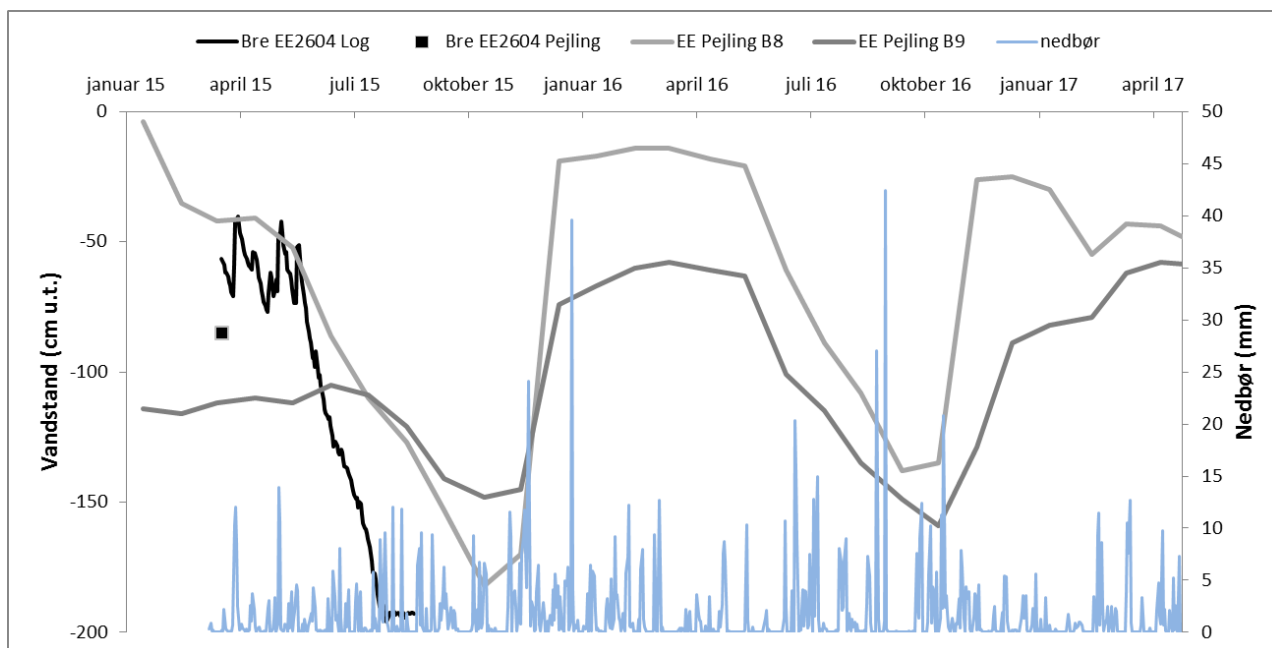
For at undersøge brøndenes funktion, blev alle pejlebrønde rensed ned til 2 meters dybde med et 8 cm sneglebor i august 2015 af Ingeborg Callesen og Hannes Keck, IGN, og nye afløbsrør med diameter 10 cm blev sat ned, hvor de manglede. I Bregentved EE blev der placeret to nye 5 cm perforerede pejlerør med HOBO U20 vandstandslogger mellem Bent Hansens pejlebrønde (B-pejlinger) for at undersøge, om der var overensstemmelse mellem målinger i de eksisterende pejlerør og nye kontinuerlige målinger med HOBO U20.

På Figur 29 ses resultater for HOBO EE 2597 mellem brønd 2 og brønd 3 i parcel 4 (bøg). Der var en særdeles god overensstemmelse mellem HOBO EE 2597 og brønd 2 i måleperioden, hvorimod brønd 3 så ud til at være næsten helt tilstoppet, da variationen henover året var meget små. Rensningen i august 2015 førte til en sænkning af vandstanden fra 10 cm under terræn til 40-60 cm under terræn i den følgende tid uden store udsving.



Figur 29 Sammenligning af HOBO EE2579 med Bent Hansen pejlinger i B2 og B3, parcel 4.

HOBO EE2604 sammenlignes med brønd 8 og brønd 9 i Figur 30, og det ses, at om vinteren var niveauet højest i brønd 8, medium i HOBO EE2604 og lavest i brønd 9. Der var kun data for HOBO EE2604 i 2015, og de viser, at brønden tørrede ud midt på sommeren. Afdræningen fra HOBO brønden ser også her ud til at være bedre end fra brønd 8 og brønd 9, som er 60 år gamle.



Figur 30 HOBO EE2604 sammenlignes med manuelle månedlige pejlinger i brønd 8 og brønd 9.

De kontinuerte målinger af vandstand opfangede større variation i vandstanden, end de månedlige målinger gjorde. En kortvarig stigning i vandspejlet (EE2597 log) til ca. 50 cm under terræn i juli 2016 fulgte efter en forudgående nedbørsrig måned på 127 mm. I september var det modsat. Fra den 28/8 til 4/9-16 (8 døgn) var nedbøren på 72 mm med største døgnnedbør på 42 mm den 4/9. Her sås ingen kortvarig stigning i vandstanden i EE2597. Nedbøren kunne tilsyneladende tilbageholdes i jordens porer uden at løbe ind i pejlerøret.

## **7.7 Delkonklusion vedr. udvikling i nedbør, vandstand, skovteknisk udvikling og vækst**

Fænomenet med døende træer og usunde træer i skovbevoksninger er først og fremmest lokaliseret i Sydøstsjælland og Sydhavsøerne på lerjord lavt i landskabet eller på tørv i afløbsløse, og mere afgrænset, i i grøftede lavninger i ellers sunde bevoksninger. Dertil kommer egebevoksninger i vestjyske egekrat, på Lolland, samt spredte enkelttræer i landskabet. Analyse af årsnedbør og sommernedbør viste en tendens til flere nedbørsrige somre efter år 2000 i forhold til 1990'erne, hvor mange somre var nedbørsfattige. Det gjaldt også når man så helt tilbage til 1874, hvor DMI's målinger startede. Selvom der har været nedbørsektremer tidligere, var forekomsten af ekstremt høj og ekstremt lav nedbør stor efter 1990. Fra afvandingsforsøget EE i Ganneskov blev det vist, at vandstanden i brøndene har været stigende og nu står i ringe dybde i nogle brønde. Der er stor variation mellem brøndene i august måned, hvor vandstanden i alle brønde oftest tidligere havde årsminimum. Vandstanden varierer også mere brøndene imellem, til dels som følge af foring med kloakrør udført omkring 1990, og plantning af rødæl i stedet for rødgran, som væltede. Den stigende mængde nedbør kan også spille ind. Således var parcel 4 (bøg) oversvømmet i vinteren 2016 for første gang siden 1958. Grøfternes funktionalitet er meget afgørende for vandafledningen, da vandet ikke kan sive ned i jorden, eftersom der måles et vandspejl hele året. Det blev observeret, at det især var brønde nær kørespor, der stod fulde af vand. Dette kan kædes sammen med en ringe fordampning fra den ny rødælbevoksning, som var i dårlig trivsel (måske pga proveniens), og måske den langsommere vandbevægelse i komprimeret og deformeret jord.

## 8. Simulering af jordens vandindhold for forskellige grader af jordkomprimering og afløvning

I dette afsnit vises resultater af daglig simulering af en jordbund med henholdsvis stor og lille vandretentionskapacitet for de mere ekstreme nedbørsår med henholdsvis lav og høj nedbør. Årene, der blev valgt, var 1992, 1993, 1996, 2007, 2010 og 2011. Simuleringen er en forsimplet udgave af en mere fuldstændig forståelse af vandbevægelse i jord med højt vandspejl, men retfærdiggøres af formålet, som var at vise effekten af vidt forskellig interception på jordens vandmætning i år med nedbørsektremer. Det kræver målinger af fx interception, grundvandsspejl mv., jordvandsmålinger og jordfysiske data for vandretention ved givne sug (pF kurver) for at kunne lave mere avancerede modeller af nedbørens fordeling til afstrømning, fordampning og nedsivning.

Ved et højtstående vandspejl, som er typisk om foråret, kan den umættede zone være måske kun 20-60 cm dyb og vil kunne tilbageholde 50 – 150 mm vand i de 25% luftfyldte porer. Dette gælder en lerjord, hvor vandindholdet altid er mindst 15% ved visnegrænsen (pF 4.2). I tilfælde af fuldstændig vandmætning af jorden er vandretentionskapaciteten opbrugt (0% luftfyldte porer, 100% vandfyldte porer). I denne situation vil der stå blankt vand i overfladen, som samler sig i lavninger (bluespots). Hvis vandaflødningen til grøfter er meget langsom, kan vandet blive længe på arealet, idet det skal fordampe for at forsvinde. Simuleringen skal vise, om det er sandsynligt, at jorden har været vandmættet i årene 2007, 2010 og 2011, og hvordan vandstanden i øvrigt kan have fluktueret i de givne år i løbet af vækstsæsonen.

Simuleringen antager en vandretentionskapacitet,  $S_{max}$  på 150 mm per 1. april i de givne år. Det kan, afhængig af porernes størrelsesfordeling, svare til et vandspejl, der står 20 – 60 cm under terræn om foråret, som vist i målingerne af grundvandsstand i foregående kapitel. Interceptionen, dvs. den andel af nedbøren, der ikke når jordoverfladen, bestemmes af bevoksningskvotienten og træerne beløvning. På friland antages interceptionen at være 0 mm per dag, mens en fuldt beløvet, intakt bevoksning har 3 mm interception og en afløvet bevoksning 1 mm interception. I simuleringerne i Figur 31 og Figur 32 blev der brugt 1 mm interception, hvilket repræsenterer åbne, hårdt huggede, tyndløvede bevoksninger uden underetage.

Vandbalancen er opstillet for hver dag og starter med en vandmættet jordbund (incl. gravitationsvand) per 1. april hvert år på i alt 150 mm ( $S_{max}$ ). Vi antager her, at vandspejlet er stillestående pga. langsom nedsivning. Dermed er fordampningen den væsentligste kilde til ændringer i jordens vandindhold og bevoksningens vandforbrug.

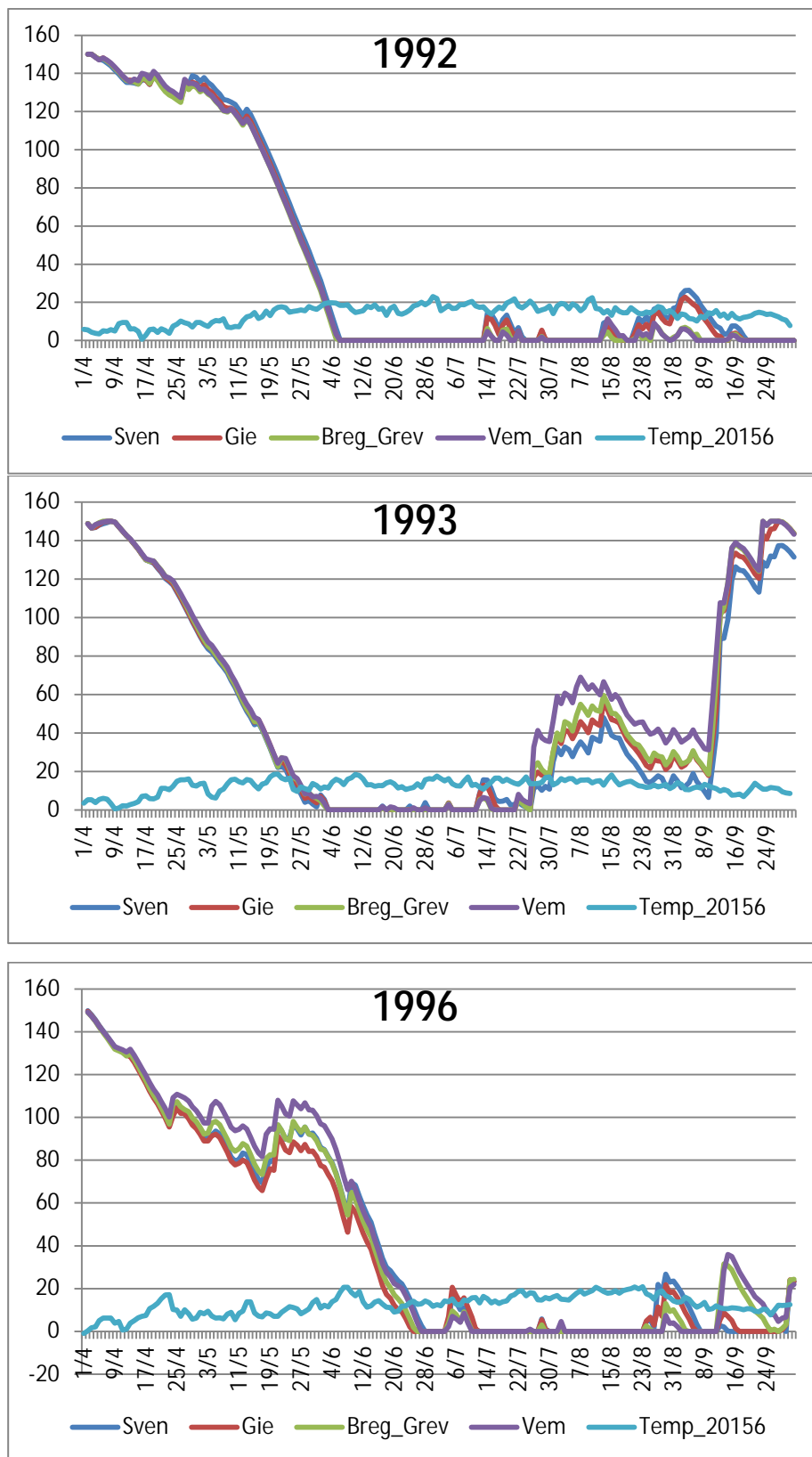


For en given dag efter 1. april fordeler nedbøren sig sådan:

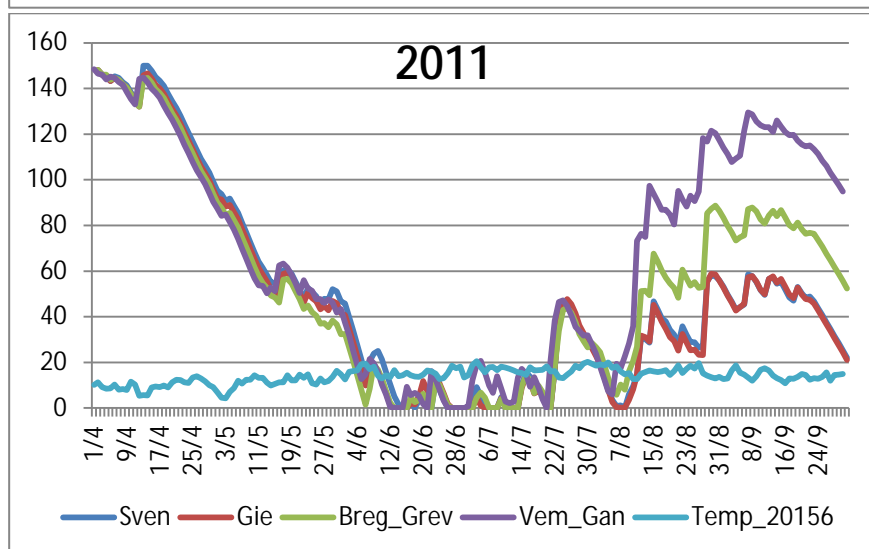
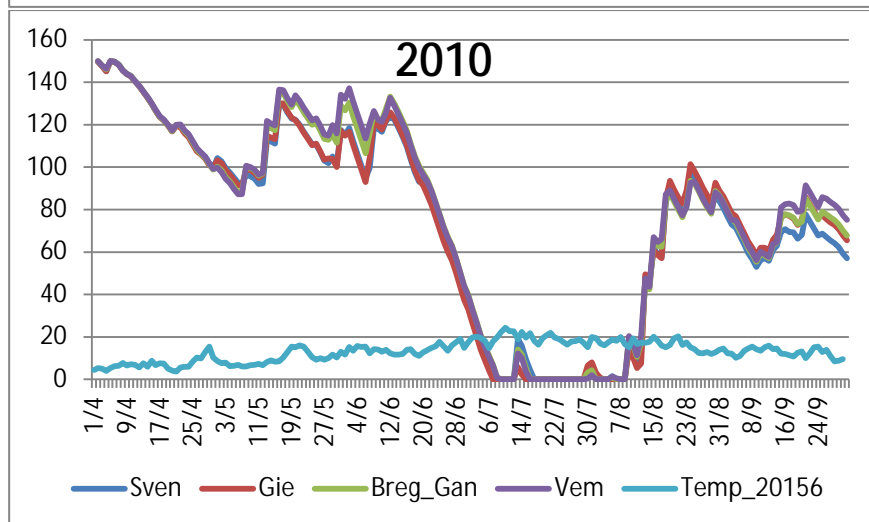
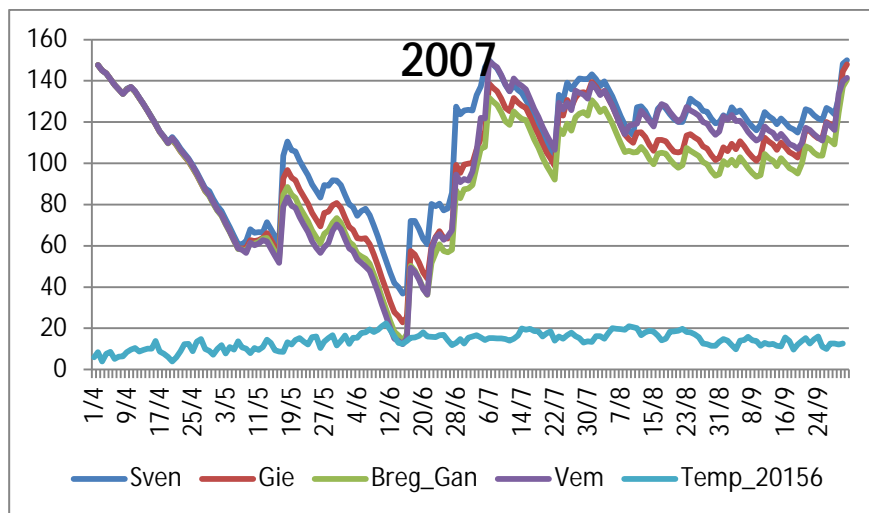
Ændring i jordens vandindhold ( $dS$ ) = Nedbør ( $P$ ) - Interception ( $I$ ) - Potentiel Evapotranspiration ( $E_p$ ) - Afstrømning ( $A$ , lateral vandbevægelse) - Nedsivning ( $\sim 0$ )

Det viste sig, at den simulerede afstrømning blev ubetydelig, og den er ikke vist. Der er heller ikke regnet med lateral tilførsel. Tilsvarende vil opadgående vandbevægelse ved kapillær vandstigning også være meget langsom pga. poreforholdene. Kapaciteten til at tilbageholde regn en given dag vil så mindskes i regnfulde perioder og stige i tørre perioder. Den potentielle evapotranspiration er her en teoretisk størrelse, som beregnes på baggrund af målinger af den indkommende globalstråling (Plauborg og Olesen, 1991). Når jorden nærmer sig udtørring, vil den akutte (reelle) fordampning være mindre end den potentielle, som blev brugt her. I tolkningen af resultaterne skal man huske, at der er tale om teoretiske beregninger af fordampningen og et fast tilgængeligt porevolumen ( $S_{max}$ ). Virkningen af forskelle i nedbør og interception er alligevel tydelig. I tørkeåret 1992 var jordvandspuljen opbrugt allerede i slutningen af maj (Figur 31), og der faldt ikke meget regn, der kunne fylde den op igen i løbet af sommeren. I 1993 var det også tørt og lidt køligere, men regnen kom i august og især i starten af september, hvor jordvandsmagasinet fyldtes igen. Denne opfyldning kan godt have medført vandstress pga. vandmætning. I 1996 var vinteren tør, så antagelsen om vandmætning per 1. april er måske ikke opfyldt. I denne simulering var det tilgængelige jordvand fordampet omkring Skt. Hans, og det regnede kun ubetydeligt resten af sommeren.

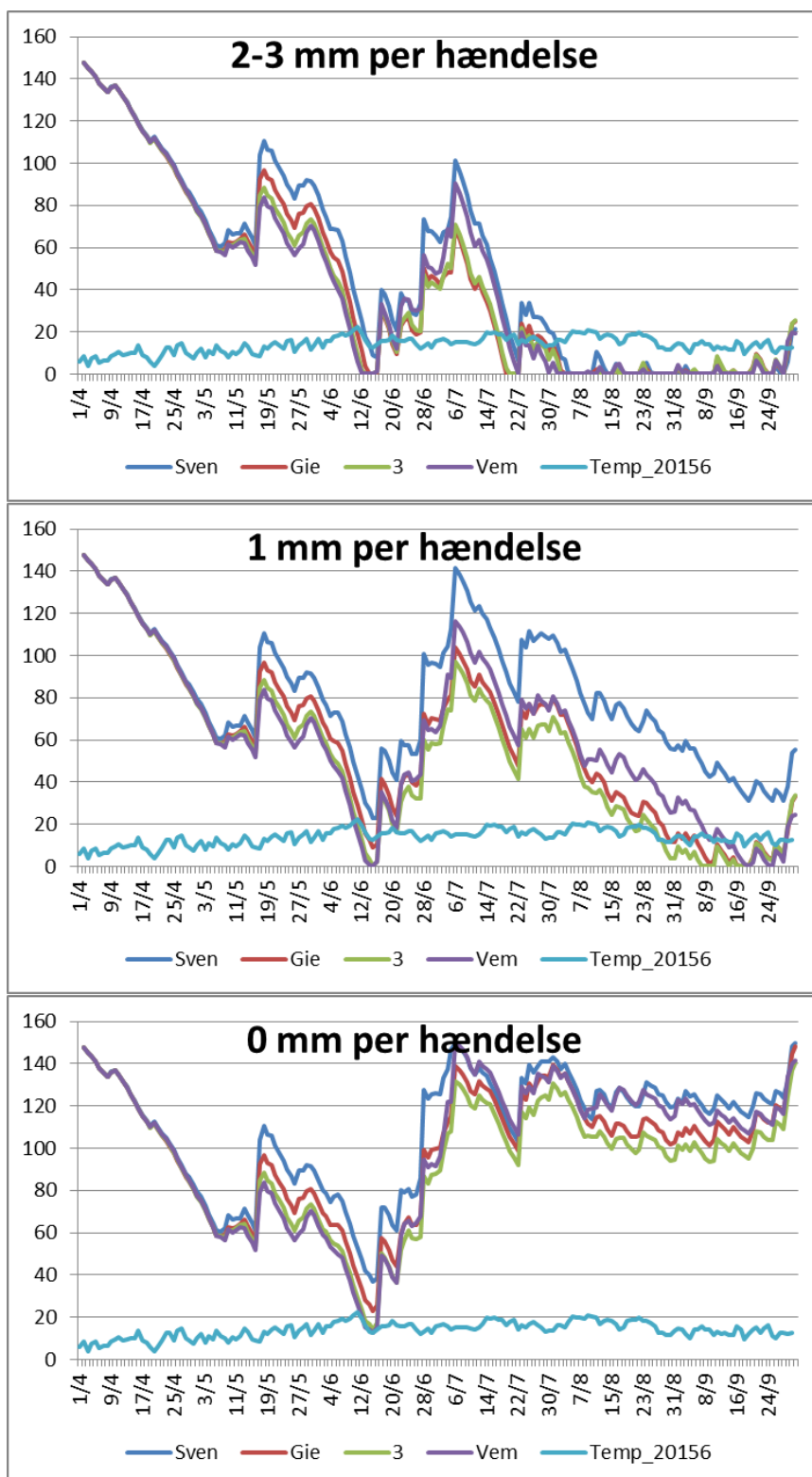
I årene 2007, 2010 og 2011 var billedet modsat, Figur 32. I 2007 faldt der regn i maj, og fra Skt. Hans var jorden stort set vandmættet resten af sommeren. I 2010 forblev jorden relativt våd frem til midten af juni, og jordvandsmagasinet fyldtes efter skybrud 14. august. Året 2011 havde en mere normal udtørningskurve med forbrug af vandmagasinet frem mod juni, og skybruddet 2. juli gav ikke en markant ændring her. Fra august fyldtes magasinet op, og der var der stor forskel på nedbøren på distrikterne. Vemmetofte fik meget mere regn end de øvrige distrikter. Jordbunden var givetvis vandmættet i ringe dybde, som det også ses på pejlingerne i EE forsøget i Figur 27.



Figur 31 Y-akse: Indholdet af jordvand (S, i mm) på baggrund af potentiel fordampning og nedbør. Startværdi,  $S_{max} = 150$  mm. Daglig ændring,  $dS = P - I - E_p - A$ . Døgntemperatur, °C, for celle 20156 (vist) hhv. 20167. Døgntnedbør: Svenstrup (10531), Giesegaard (10532), Grevindeskov (10551) samt Vemmetofte og Ganneskov (10570); DMI, Klimagrid 10x10km.



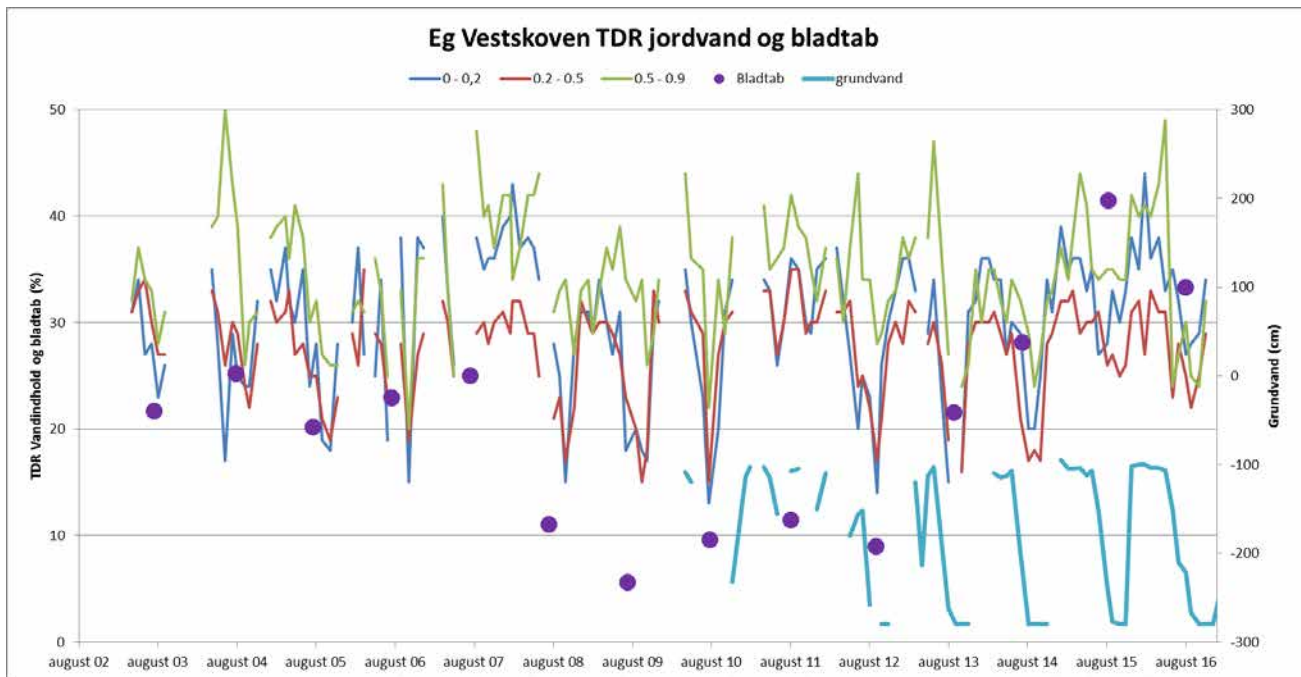
Figur 32 Y-akse: Indholdet af jordvand (S, i mm) på baggrund af potentiel fordampning og nedbør for udvalgte år med høj sommernedbør på distrikterne, 1 mm interception per nedbørsdøgn. Smax = 150 mm. Daglig ændring,  $dS = P - I - E_p - A$ . Overfladeafstrømning (ikke vist) forekommer, hvis  $S > 150$  mm, (Smax).



Figur 33 Effekten af interceptionens størrelse i sommeren 2007, hvor der faldt 416 mm nedbør som gennemsnit for de fire distrikter. Y-aksen viser vandfyldt porekapacitet under antagelse om 150 mm kapacitet per 1. april.  $dS = P - I - E_p - A$ . Effekten af interception er især tydelig i eftersommeren fra august og henover efteråret. Uden interception bliver jorden meget hurtigere vandfyldt, mens træerne og jordbundens organismer stadig er biologisk aktive og iltforbrugende.



Afløvning øger risikoen for forsumpning. I Figur 33 er det sammenlignet, hvad interceptionens størrelse betyder for den mængde vand, der skal infiltreres og tilbageholdes i jorden. I øverste figur er interceptionen maksimalt 2 mm gående mod 3 mm i vækstsæsonen, mens den er 1 mm i midterste figur, svarende til reduceret beløvning, og helt fraværende i den nederste. Effekten på jordens vandindhold er tydelig. Uden interception ville jorden være vandmættet fra Skt. Hans og frem, hvorimod den ville tørre ud i løbet af et par uger med 1 mm interception per nedbørsdøgn, og tørre i løbet af 1 uge med 2-3 mm interception per nedbørsdøgn.



Figur 34 Venstre y-akse: Vandindhold i jordbunden (% vol) i dybderne 0-20 cm, 20-50 cm og 50-90 cm målt med TDR (time domain reflectometry). Vurderet bladtab (%). Højre y-akse: Grundvandsstand i pejlerør, cm under terræn, højre y-akse. Egebevoksning (plantet 1970) Vestskoven, afdeling 681a. ICP Forests (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests operating under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP)).

De simulerede vandindhold kan ikke sammenlignes med målt vandindhold i projektbevoksningerne, da dette ikke blev målt i de valgte år. Dog kan man sammenligne med målte vandindhold på IGNs Level II overvågningslokalitet i en plantet egebevoksning (1970) på lerjord i fladt terræn i Vestskoven, NST Hovedstaden, hvor der findes bladtabsregistreringer og målt vandindhold (Figur 34). Bemærk, at jorden ikke havde den sædvanlige nedgang i vandindhold i dybden 0-0,2 m (blå kurve) i sommeren 2011 i modsætning til de øvrige år, og at vandindhold i underjorden (grøn kurve) kun sjældent kom under 30%. I 2010 steg vandindholdet i overjorden til vinterniveau i forbindelse med skybruddet 14. august. Der blev indlagt kørespor i bevoksningen i 2004, og den blev tyndet i august 2008 og august 2014 (Gundersen, 2017). Grundvandspejlingen (lyseblå linje på akse 2, cm under terræn) viste tilsvarende, at vandspejlet i

august 2011 var 1 m under terræn. Det var også 1.5 m over det normale augustvandspejl på 2.8 m eller dybere, som måles i de øvrige år.

Den visuelle vurdering af træernes bladtab (afvigelse i % fra fuld beløvning) er også vist i Figur 34. I de våde år 2010 og 2011 var bladtabet lavt, omkring 10%, men i de efterfølgende år steg det og kulminerede med et bladtab på over 40% i 2015, som ikke var specielt nedbørsrigt (230 mm i vækstsæsonen). Vandspejlet og jordvandsindholdet har dermed været højt på trods af en god beløvning i 2010 og 2011, den ringe beløvning sås først i de følgende år. Udtørringen af jorden henover sommeren kan have været påvirket af den lave beløvning i 2015 i sammenligning med 2014.

Det skal bemærkes, at der er manglende værdier i jordvandsmålingerne (TDR data), som typisk skyldes, at der ikke kan måles i frostvejr og ved meget lave vandindhold. Der er en klar tendens til at både vandindhold og bladtab har været stigende i slutningen af perioden fra og med 2013. En medvirkende årsag kan være et hugstindgreb i august 2014, som forårsagede jordpakning ved tung kørsel efterfulgt af reduceret fordampning. Det understøttes af iagttagelser gjort af IGNs feltmedarbejdere om tydelige kørespor og øget jordfugtighed i overfladen gennem de seneste år.

## 9. Diskussion, konklusion og anbefalinger til praksis

Det er vist på ny, at skovdyrkningen på lerjord i fladt terræn er meget afhængig af nedbørsmængder, grundvandsstand, beløvning og kronedække. Blandt undersøgelsens bevoksninger var der flere eksempler på, at man har anlagt egebevoksninger på afvandede enge, fordi egen tåler vandmættet jord om foråret og selv kan forbruge jordvandet henover sommeren. Det er også velkendt, at eg plantet i tørvelavninger ikke altid fungerer godt. Derfor kunne syge og sunde træer og bevoksninger optræde med få meters mellemrum i kuperet terræn. Oosterbaan og Nabuurs (1991) undersøgte egesundhed i Holland og konkluderede, at dårlig egesundhed forekom oftere på meget dårligt drænet jord i sammenligning med mere veldrænet jord. I dette projekt er det vist, at terrænhældning, landskabselement og dybden til grundvand eller hængende vandspejl er afgørende for jordbundens dræningsklasse og dermed for rodrummets dybde, og at disse faktorer tilsammen kunne adskille sunde og usunde bevoksninger.

For at forebygge varig forhøjelse af vandspejlet og hyppig vandmætning af jorden ('forsumpning') skal bevoksningen have en høj evapotranspiration, der består af fordampning fra trækroner og skovbund samt bladenes transpiration. En høj og stabil evapotranspiration sikrer en udtørring af de øvre jordlag, og dermed kan jorden optage større mængder nedbør uden at blive mættet med vand, når det regner meget. Ved tynding af yngre bevoksninger sker der en midlertidig reduktion i evapotranspirationen, indtil kronetaget efter få år er lukket igen. Ved kraftig tynding af ældre bevoksninger kan afstanden mellem træerne blive så stor, at kronetaget slet ikke lukkes igen. Det giver en varig nedgang i evapotranspirationen fra tilbageværende ældre træer, hvilket øger risikoen for forsumpning. Man kan kompensere for dette ved indplantning af underskov.

Afgørende i forhold til forsumpning er også, at jorden har en god evne til horisontal bortledning af overskydende vand i de øvre jordlag (horisontal hydrauliske ledningsevne), så man undgår stående vand i bevoksningen i perioder med særligt meget nedbør. Jo mere ler der er i underjorden, desto langsommere sker nedsivningen til grundvandet, og jo vigtigere bliver den horisontale ledningsevne.

Hvis vandspejlet i forvejen er højt, som fx om foråret, og der falder store mængder regn i forsommeren, bliver jorden vandmættet, og vandet skal føres bort via grøfterne. Det kræver, at nedstrøms vandløb har tilstrækkelig kapacitet.

Praksis med at benytte maskiner til både skovning og udkørsel bidrager til at reducere både infiltrationskapacitet (indsivning fra overfladen), vandretentionskapacitet (porevolumen tilgængeligt for nedbør), og den hydrauliske ledningsevne. Med de nedbørsrige år 2007, 2010 og 2011, samt efterfølgende afløvninger og skader på især flade arealer med dårlig vandbevægelse, vurderes det, at roddrukning kan have været en medvirkende årsag til fænomenet svækkede, døende og døde egetræer i årene 2013-2015 i Sydøstsjælland. Der kan være andre årsager, som ikke har kunnet undersøges nærmere, bl.a. er forholdene

i de vestjyske egekrat Brejninge og Brosbøl uafklarede. Et varmere og mere nedbørsrigt klima med fravær af frost er også gunstigt for skadevoldere, og fremme af patogener samtidig med svækkelse af træer kan give højere smittetryk og lavere forsvarsevne hos træerne.

## 9.1 Driftsstrategier for overvejende sunde egebevoksninger

Bevoksninger, som var ramt af sundhedsproblemer i 2007-2014 var nogenlunde afgrænset til dårligt drænede lokaliteter, og der kunne findes tilsvarende sunde bevoksninger på alle distrikter. Både de sunde og de usunde bevoksninger havde bonitet 1 og 2 og var 60-130 år. Det betyder, at de hidtil har haft en tilstrækkelig dræningstilstand til at opnå denne alder og bonitet.

Det kan anbefales, at man fortsat vedligeholder grøfterne og fremmer opvækst af underetage, hvis der kommer tilbagevendende afløvninger i hovedtræarten eg. Det vil give en mere stabil mængde vand, der skal håndteres af træerne.

Man skal værne om jordbundens evne til at lede vand og så vidt muligt undlade at køre på våd og opblødt jord. Det kan i praksis betyde, at man må undlade vinterskovning eller gå tilbage til motormanuel skovning og så benytte udtrækning med spil, hvis jorden er våd. Arbejdsomkostninger og mangel på kapacitet kan udelukke denne mulighed.

Grundforbedringsarbejder som nedlæggelse af drænrør udføres i stor stil i landbruget, men må anses som praktisk og økonomisk uholdbart, hvis man vil dyrke vedplanter på et areal.

## 9.2 Driftsstrategier for usunde egebevoksninger

Afsnittet er skrevet på baggrund af diskussionen og noter fra projektmødet 4. august 2016. Det blev konstateret ved projektets undersøgelser, at der foreløbig ikke så ud til at være biotiske skadevoldere, der krævede sanitære forholdsregler. Det betyder, at man kan vælge flere strategier – en hurtig og en afventende for de usunde bevoksninger i egedriftsklassen på lerjord med vanskelige afvandingsforhold.

### *Umiddelbare trin:*

Som led i en afklaring kunne man vælge at indsamle swabs af materiale fra slimflåd, der kan føre til evt. fund af den patogene bakterie, der er fundet i England (Denman, 2014).

Saneringshugster kan redde værdierne i døende træer, som måske har begrænset indflydelse på fordampningen alligevel. Dog kan maskinoperationerne skade jordbunden omkring de tilbageværende træer. Hvis man venter på bedring i sundhedstilstanden, kan de tørre træer blive deklasseret fra kævlepris eller måske finerkvalitet til brænde, som opnår en langt lavere pris. I QY forsøget var der en del træer, som forbedrede deres sundhedstilstand fra 2013 til 2016, selvom de var dømt som døende. Man må derfor være lidt afventende med mindre der er tale om åbenlyst døde træer.

Hvis der er tale om få døde træer i en bevoksning, har man forbedret levesteder for nedbrydere og insekter og kan måske søge støtte til biodiversitetsformål.



### *Langsigtede overvejelser:*

Bevoksninger med underetage klarede sig bedre i undersøgelsen, måske fordi de også var lidt højere beliggende og havde en bedre dræningstilstand og en bundflora med mindre græskonkurrence.

Bevoksninger i kuperet landskab fx i dødislandskaber og på randmoræne klarede sig bedre end bevoksninger i helt fladt landskab på bundmoræne og inderlavninger med issøler eller drænet søbund.

Balancen mellem stærk hugst og forsumpning kan være hårfin, og her kan underetage af skyggende vedplanter være en hjælp, der udjævner kronedækket og forhindrer en græsbundet skovbund, der bruger meget vand og udgøre et problem i tørkeår. Man kan risikere, at en våd sommer, der følger en udhugning giver risiko for vandmætning af rodzonen i den tilbageværende bevoksning. Det kan være en udvikling, som er svær at vende. Det er her udpeget, hvilke lokaliteter, der er i høj risiko for forsumpning. Højt vandspejl, sammen med konkurrence mellem træerne om vand og næringsstoffer, kan sammen med honningsvamp være baggrunden for det store antal døende og døde træer i A og B hugster fx i QX og QY bevoksningerne på Bregentved distrikt. Den lidt ældre A-hugst i QD havde fundet sine vindertræer, og der lå døde stammer i skovbunden, dvs. bevoksningens alder kan spille ind.

Der har tidligere været dårlig beløvning i eg, fx i 1993 (tør/våd) og 1994 (våd), som fulgte en tør eftersommer i 1992. Dette viser, at store udsving i vandbalancen er skadeligt, især i de bevoksninger, hvor det medfører fluktuerende vandspejl, som dræber de dybe rødder. Hvis de dybe rødder er døde, og der kommer sommertørke, er den opadgående vandbevægelse utilstrækkelig. Træerne kan blive ramt af vandmangel, som svækker dem.

Hvis man accepterer forklaringen om, at svækkelserne i de sidste 10 år skyldes forøgede udsving i jordens vandspejl med episoder med vandmætning og opstuvet vand i rodzonen, skal man forholde sig til, at der er flere hændelser i vente i de kommende årtier. Oprensning af grøfter og reparation af overkørsler, der sikrer afløb fra bevoksningen bør man gøre løbende. Hvis det skal være lønsomt, skal der også være fokus på, at vandføringsevnen nedstrøms i oplandet er velfungerende. Hvis det ikke er tilfældet, risikerer man, at vandet afledes til grøfterne, men derpå stuves op i lavbundsarealer nær hovedgrøfter.

Hændelsen i årene efter 2007, 2010 og 2011 har givet en kortlægning af de bevoksninger og lokalitetstyper, hvor sygeligheden har været størst. Dette bør noteres, så man kan træffe de rigtige valg om investering i ny beplantning i næste planlægningsfase. Man kan vælge træarter med høj interception og høj fordampning. Plantet rødél har ikke fungeret godt i EE, Ganneskov. Måske kan popler eller hassel i kort omdrift være et alternativ, hvis ikke man ønsker at dyrke pil.

Tilstopning af grøfter og hævnning af vandstanden udføres som naturgenopretning i statens skove. Denne strategi kan man også følge, men dermed bliver jordværdien kun båret af jagtindtægter og evt. subsidier til naturgenopretning og biodiversitet.

Man kan vælge at gøre ingenting eller at investere i en underetage af thuja, sitka, ær eller avnbøg, men det kan diskuteres, om det overhovedet er økonomisk og praktisk muligt at underplante i en tæt flora af mosebunke? Underplantning med især nåletræarterne thuja og sitka og andre nåletræarter med overfladisk rodnet vil nedbringe den mængde vand, der skal nedsives. Det er dog vigtigt at huske, at ingen træer tåler oversvømmelse med stillestående vand, hvor ilten opbruges. Modargumentet er, at afhjælpning er fordyrende og besværligt, og måske hjælper det ikke en tabt sag for den aktuelle bevoksning. Derved investeres der ikke yderligere, men indtægterne fra arealet i fremtiden kan blive mindre, og jordværdien vil falde.

Der er ikke lavet omsætningsbalancer og venteværdiberegninger for egebevoksninger i projektet pga. hele usikkerheden om det fremtidige klima og vækstbetingelserne på disse lokaliteter. Man kan spørge, om det overhovedet er realistisk at have en forventning om, hvilke træer der på sigt kan udvikle sig til finerkævler og evt. investere løbende i at opkviste netop disse træer. Tabet kan være svært at opgøre, afhængig af tidshorisont. Hvad er værdien af et værdifuldt lager med fleksibel realisationsmulighed over tid udover værdien af den salgbare masse? Umiddelbart sælges almindelige kævler for 12-1400 kroner per kubikmeter og bedste kvalitet for minimum 3000 kr per kubikmeter. Det kan diskuteres, om man kan tale om et tab, når dyrkningsbetingelserne har ændret sig fra kulturerne blev anlagt. Det har været marginale dyrkningslokaliteter med begrænsninger i anvendelsen, også i udgangspunktet, idet flere bevoksninger er grøftede og tilplantede enge og moser, bl.a. på Giesegård.

### **9.3 Risikovurdering ved bluespotkort fra kortforsyningen.dk**

Bluespot-kort (Kortforsyningen, 2015) viser de sandsynlige oversvømmelsespunkter i landskabet baseret på landskabsform, Appendix B. Lokalitetsanalysen, som blev sammenfattet i Tabel 7, peger på faktorer, der giver bevoksningerne ringe muligheder for at optage store regnmængder på kort tid, og dermed giver høj risiko for oversvømmelse i rodzonen. Kort, der integrerer dette, er anvendelige i risikovurdering.

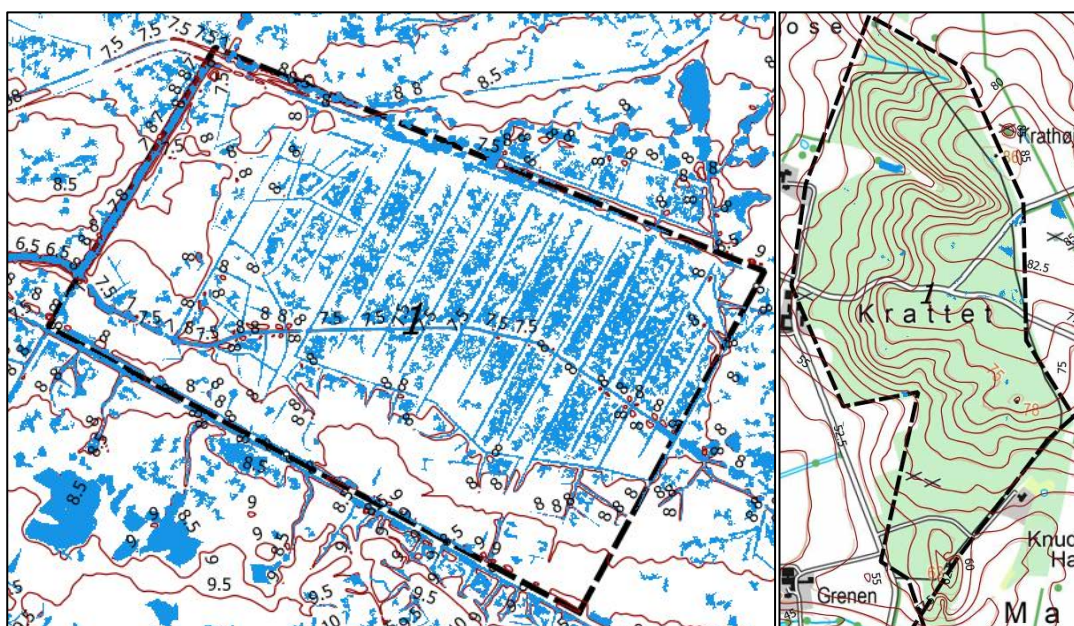
De viser, hvor der er behov for virksomme grøfter. Bluespotkortene kunne ikke signifikant skelne mellem sunde og usunde bevoksninger i dette projekt. Nogle bevoksninger på let kuperet terræn havde store, men klart afgrænsede bluespots, mens flade bevoksninger havde mange små spredte bluespots, fx kørespor, som ville blive fyldt op i tilfælde af regn. Muligheden for sideværts vandbevægelse mod grøfter ville afhænge af jordbundens vandleddningsevne. Derfor kan man også opleve relativt uskadte bevoksninger med

store bluespots, fx Vemmetoftes afdeling 3, Appendix B. Bluespotkortene kan indgå i som grundlag i skovplanlægningen sammen med jordtypekort, som kan vise nedsivningshastighed ud fra tekstur og landskabselement. Det kan bruges til at vise, hvor jordbunden efter al sandsynlighed har et højt eller svingende vandindhold og derfor vil være udsat for køreskader, når jorden er våd.

I 2017 er der kommet nye bluespotkort med 0,4 m opløsning på kortforsyningen.dk:

*'DHM/Bluespot\_ekstremregn viser hvor meget regn der skal falde for at lavningen bliver fyldt med vand. Beregningen er teoretisk, da der ikke tages højde for kloakering eller nedsivning. Et bluespot betyder derfor ikke nødvendigvis en oversvømmelse. Beregningen antager ensartet fordeling af regn i oplandet. Fyldningen af hver celle akkumulerer overløb af regnvand fra opstrøms beliggende lavninger. Enheden er givet i meter regn. Bluespot\_ekstremregnskortet burde kun bruges som screeningsredskab.'*

To eksempler på de nye bluespot-ekstremregnskort er givet i Figur 35.



Figur 35 Observeret dårlig sundhed i bevoksning på afvandet sø i kote 8 m.o.h., Lolland fra den nationale skovovervågning med nye Bluespot-ekstremregnskort (tv) og Brejninge egekrat i Vestjylland (th) på en skråning næsten uden bluespots.

I modsætning til bevoksningen på Lolland, er de usunde egekrat i Jylland delvist på skrånende terræn, og lavninger er næsten fraværende. Egedødfænomenet er derfor mere komplekst end bare dårlig dræning og periodisk drukning af rødder. Egekrattenes situation og plejehistorie berøres ikke yderligere her.

## 10. Afslutning og konklusion

Projektet var et samarbejde mellem skovdistrikter med fælles symptombilleder og IGN, som tilvejebragte en viden, der kunne forklare bekymrende observationer af ekstraordinært usunde egebevoksninger. Det er her godtgjort, at ændringer i form af øget nedbør, ekstreme udsving i nedbør fra år til år, men også driftstekniske ændringer i form af maskinel skovning og transport bidrager til at forklare fænomenet. Dertil kommer ændrede betingelser for eksisterende og nye skadevoldere. Den arealmæssige udbredelse har måske ikke været så stor, men for enkelte skovforvaltninger er tabene alligevel mærkbare i forhold til det økonomiske udbytte, der ellers var forventet. Klimaskader med tvangshugster til følge giver også tab af fleksibilitet og gør ældre egebevoksninger mindre brugbare som likviditetsbuffer og giver færre muligheder for prisoptimering i forbindelse med salg af vedmasse. Med de seneste skadebilleder i erindring kan man ved kortlægning af landskab, jordtyper og bluespots vurdere, hvor man skal koncentrere investeringer i infrastruktur, der sikrer fortsat afvanding ved grøftning. Synlige symptomer som slimflåd bør følges med screeninger for patogener og indsendelse af prøver til eksperter med henblik på identifikation af evt. nye skadevoldere.

## 11. Referencer

- Brown,N., Jeger,M., Kirk,S., Xu,X.M., Denman,S., 2016. Spatial and temporal patterns in symptom expression within eight woodlands affected by Acute Oak Decline. For. Ecol. Manag. 360, 97-109.
- Callesen, I., 1997. Tørkeskader hos bøg – undersøgelse af bladtab og jordbund i fire hugstforsøg samta analyse af klima og blomstring i en periode på 120 år. Speciale, 112 s. + bilag. Institut for økonomi, skov og landskab, Den Kgl. Veterinær og Landbohøjskole.
- Cappelen, J. (ed.) 2015. Guide to Climate Data and Information from the Danish Meteorological Institute Denmark, Greenland and The Faroe Islands. Updated October 2015.  
[http://www.dmi.dk/fileadmin/user\\_upload/Rapporter/TR/2015/tr15-10.pdf](http://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Rapporter/TR/2015/tr15-10.pdf) page 1 of 63.
- Denman,S., Brown,N., Kirk,S., Jeger,M., Webber,J., 2014. A description of the symptoms of Acute Oak Decline in Britain and a comparative review on causes of similar disorders on oak in Europe. Forestry 87, 535-551.
- Gaertig,T., von Wilpert,K., Schack-Kirchner,H., 2000. Bodenbelüftung als Steuergröße des Feinwurzelwachstums in Eichenbeständen. Allgemeine Forst- u. J. -Ztg. 170, 81-87.
- Gundersen, P., 2017. Nitratudvaskning i nye skove på gammel landbrugsjord. IGN rapport. In press.
- Hansen, E.M., Delatour C., 1999. *Phytophthora* species in oak forests of north-east France. Annales des Sciences Forestiere 56(7), 539–547.
- Holstener-Jørgensen, H., 1959. Skærmstillings og renafdrifts indflydelse på grundvandstanden på leret moræne. Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark , bind 25, p. 291-306.
- Holstener-Jørgensen, H., 1978. Ung bøg, egs og rødgrans indflydelse på grundvandstanden på leret moræne. Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark , bind 298, p. 221-228.
- Jonsson,U., Jung,T., Sonesson,K., Rosengren,U., 2005. Relationships between health of *Quercus robur*, occurrence of *Phytophthora* species and site conditions in southern Sweden. Plant Pathology 54, 502-511.
- Larsen, H.M., 2016. The impact of flooding of *Quercus robur* and *Quercus rubra* caused by increased precipitation. Master thesis. Department of Geosciences and Natural Resource Management.
- Larsen,J.B., 1995. Ecological stability of forests and sustainable silviculture. For. Ecol. Manag. 73, 85-96.
- Mernild, Cappelen og Hesselbjerg, 2017. Klimavariationer – flere ekstremer i et varmere klima. Aktuell naturvidenskab 2:2017
- Naturstyrelsen, 2014. Analyse af IPCC delrapport 2 Effekter, klimatilpasning og sårbarhed – med særligt fokus på Danmark.
- Oosterbaan,A., Nabuurs,G.J., 1991. Relationships Between Oak Decline and Groundwater Class in the Netherlands. Plant and Soil 136, 87-93.
- Plauborg og Olesen, 1991. Udvikling og validering af modellen Markvand til vandingsstyring i landbruget. Tidsskrift for Planteavl Specialserie, Beretning nr. S2113-1991



Puhlmann, H., K. von Wilpert, C. Sucker, 2013. Können Wälder sicheren Hochwasserschutz bieten? AFZ 13: 9 – 11.

Rozas, V., Garcia-Gonzalez, I., 2012. Too wet for oaks? Inter-tree competition and recent persistent wetness predispose oaks to rainfall-induced dieback in Atlantic rainy forest. *Global Planet. Change* 94-95, 62-71.

Talgø V, Herrero M, Brurberg M, Stensvand A 2011. *Phytophthora*-baiting in streams and lakes in Norway. Proceedings Cost Action FP0801 Conference, s 21. von Wilpert, K., Schaffer, J., 2006. Ecological effects of soil compaction and initial recovery dynamics: a preliminary study. *European Journal of Forest Research* 125, 129-138.

Wolf, M., Petercord, R., 2012. Eichenschäden in Nordbayern, LWF 88.

## Appendix A. Møder, publikationer og præsentationer

*March 2016 Forest, Nature and Biomass section seminar.*

Ingeborg Callesen et al. Solving a case of premature death. Afdelingsseminar Skov, Natur og Biomasse, Festsalen, KU, Vor Frue Plads, København.

*4. august 2016 Projekt møde på Vemmetofte distrikt*

Ingeborg Callesen, Iben M. Thomsen, Hanne Marie Larsen, Stinna Susgaard Filsø: 'Egens sundhedsproblemer på grundvandsnære jorder – afdækning af biologiske, tekniske og lokalitetsbetingede årsager til øget sygelighed og dødelighed i mellemaldrende og modne egebevoksninger, samt forslag til økonomiske og tekniske driftsstrategier'. Projekt møde 04.08.16. Skovfogedstedet, Ny Strandskov, Vemmetofte med deltagelse fra involverede distrikter.

*Juni 2016 7<sup>th</sup> Global digital workshop, AU, Aarhus*

Ingeborg Callesen, Stinna Filsø Susgaard, Jesper Riis Christiansen, Lene Fischer (2016) Mapping of wheel track soil compaction and displacement from high resolution LIDAR-based DEM's in broadleaved forest on poorly drained soils. [Abstract](#), p. 54, and presentation.

*Bytræseminar 2016, 17. november, Frederiksberg campus, KU.*

Hanne M. Larsen og Ingeborg Callesen. Rødder under vand. Hvad kan træer holde til? Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Sektion for Skov, Natur og Biomasse

*Planlagt: Lokal temadag, 15. september 2017*

Arbejdet har vist, at det er et lokalt fænomen for lokaliteter på Sydøstsjælland. IGN har derfor afholdt en lokal temadag for interesserede skovdyrkere i september 2017.

### Artikler:

Hanne M. Larsen, Ingeborg Callesen, Bruno Bilde Jørgensen og Iben M. Thomsen. Påvirker ekstremnedbør sundheden i stilke? Hvilken betydning har nedbør for diameteriltvæksten, og hvordan kan man undersøge det? Skoven 10-16. p. 404-408.

Stinna Susgaard Filsø, Bruno Bilde Jørgensen, Iben M. Thomsen og Ingeborg Callesen. Påvirker ekstremnedbør sundheden i stilke? Topografiens betydning. Skoven 02-17, p. 87-91.

Skov og Landskab, Centerberetning 2016

Skove & Plantager 2015: Omtale i kap 2 om Skovsundhed (Iben M. Thomsen).

## Specialer

Larsen, H. M. (2016): The impact of flooding of *Quercus robur* and *Quercus rubra* caused by increased precipitation. Speciale. Ikke publiceret. Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet. Hovedvejleder: Ingeborg Callesen. Bivejleder Bruno Bilde Jørgensen.

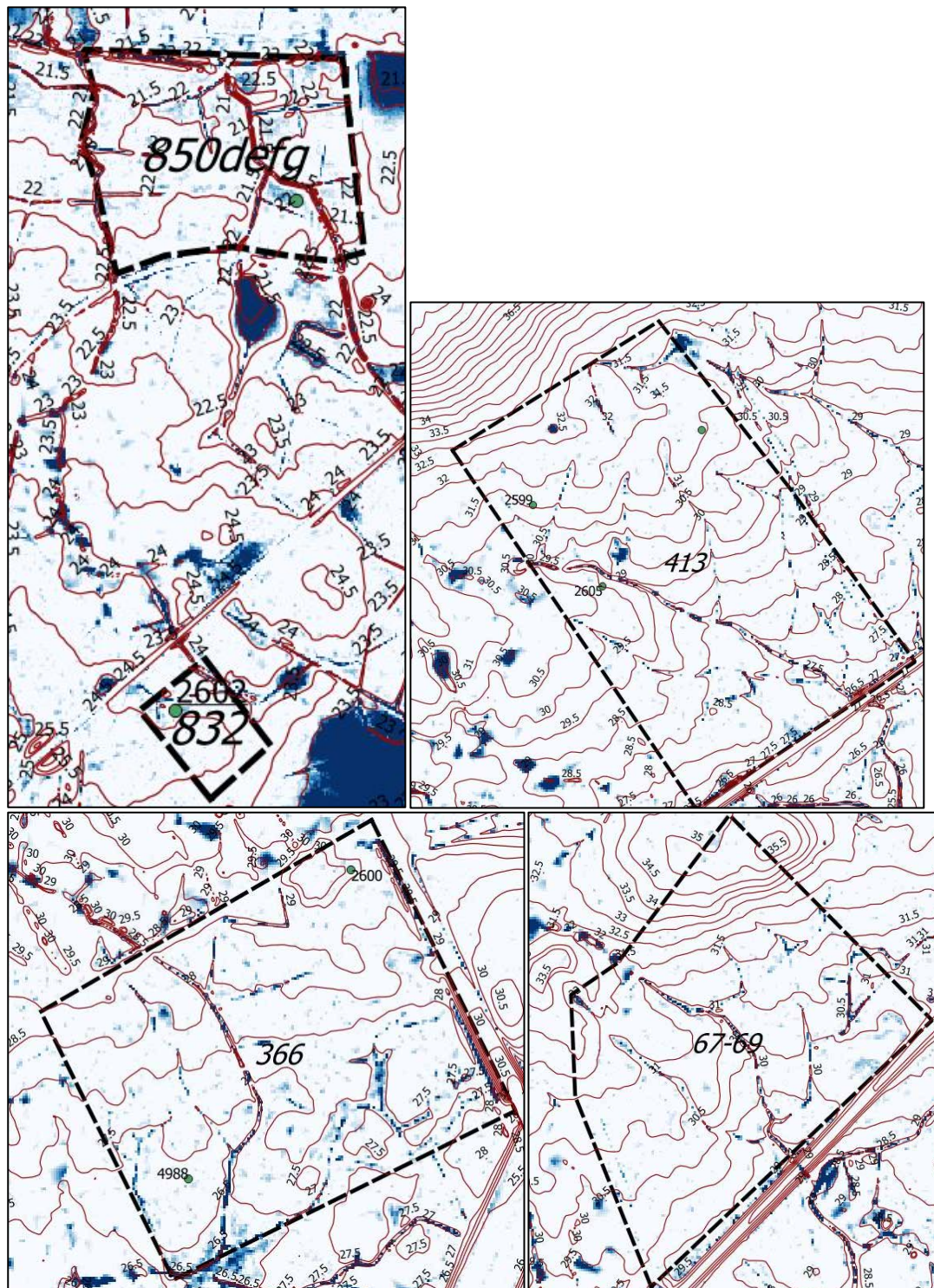
Filsø, Stinna S. (2016): Effect of variation in soil water storage capacity on health of oaks – a case from South- and Mid Zealand, Denmark. Speciale. Ikke publiceret. Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet. Hovedvejleder: Ingeborg Callesen. Bivejleder Jesper Riis Christiansen.

## Videnblade

Hanne M. Larsen, Marina Bergen Jensen, Ingeborg Callesen. Træers reaktioner på oversvømmelse. Videnblade 4.06-33 Park og Landskab. Skov og Landskab.

## Appendix B. Bluespotkort og måling af vandstand i pejlerør i 2016-2017

Bregentved distrik: Bluespotkort med koteplan, ækvidistance 0.5 m (1:5.000 og 1:2500, skaleret).



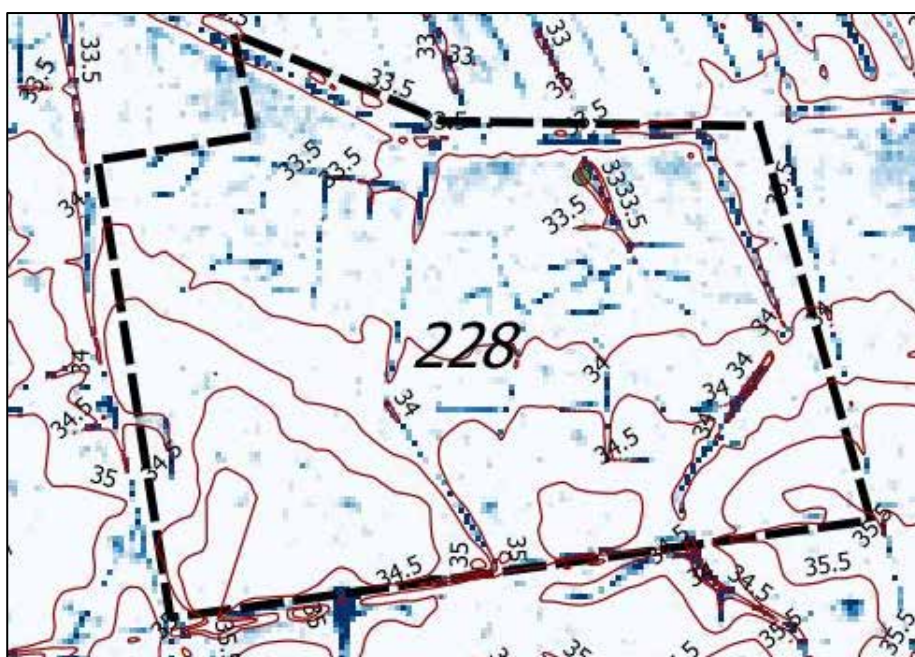
Afdeling	Klasse
850efgd (EE)	Sund
832 (QD)	Sund
413 (QX)	Usund
366 (QY)	Usund
67-69 (QZ)	Sund

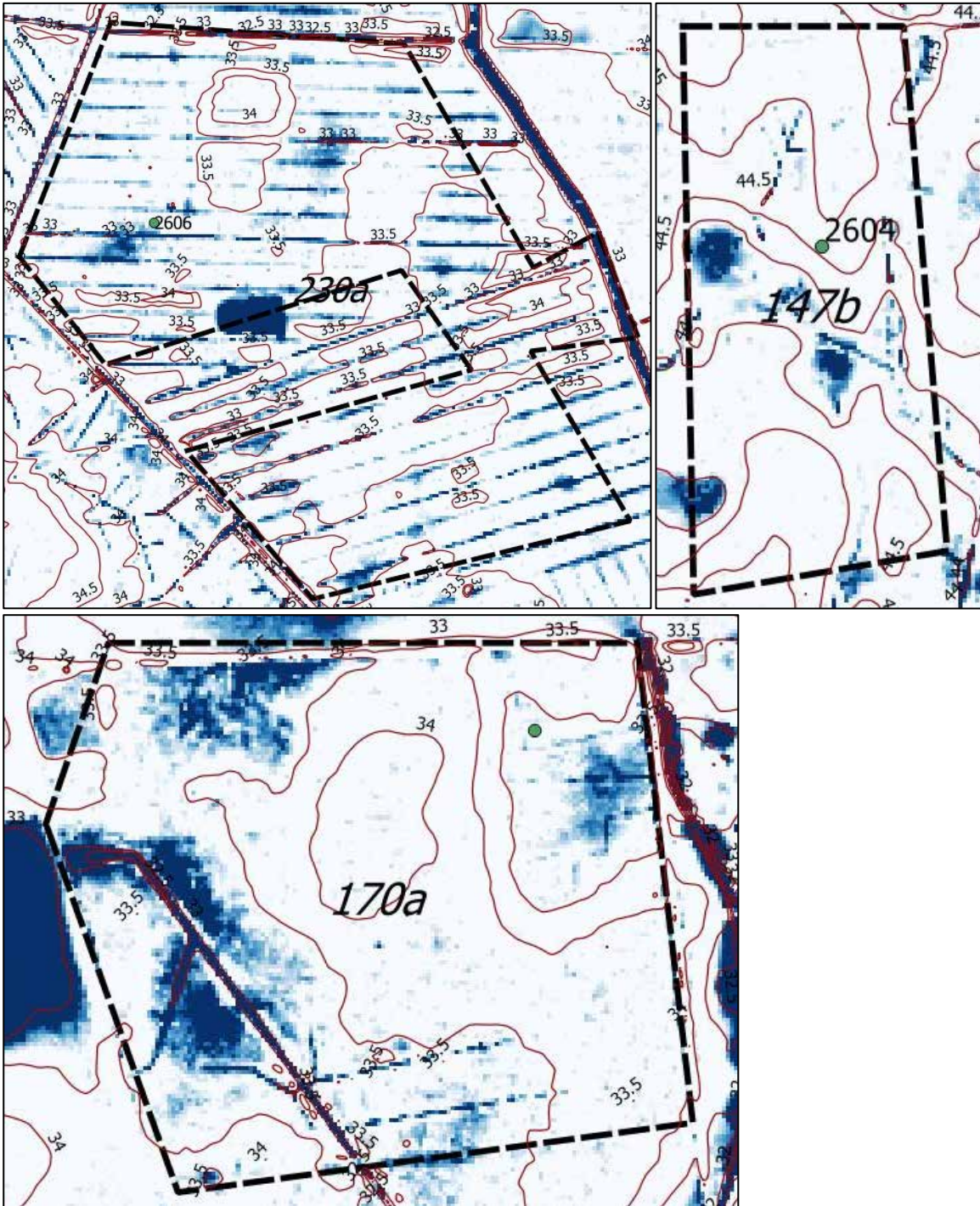
Vandstandsmålinger med logger i Bregentvedbevoksninger er vist i rapporten som Figur 10, Figur 11 og Figur 29.



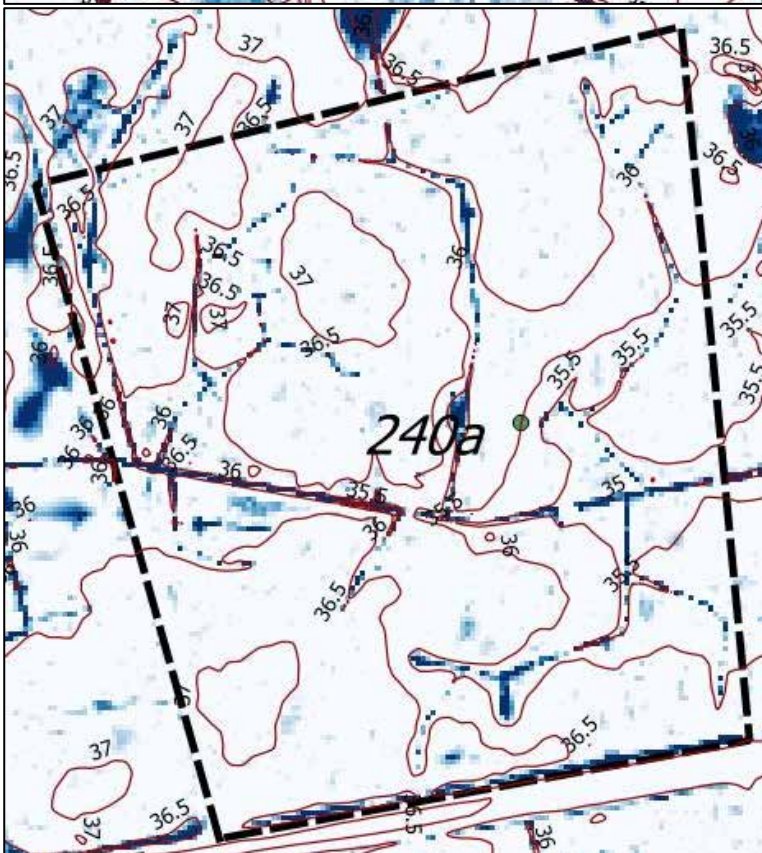
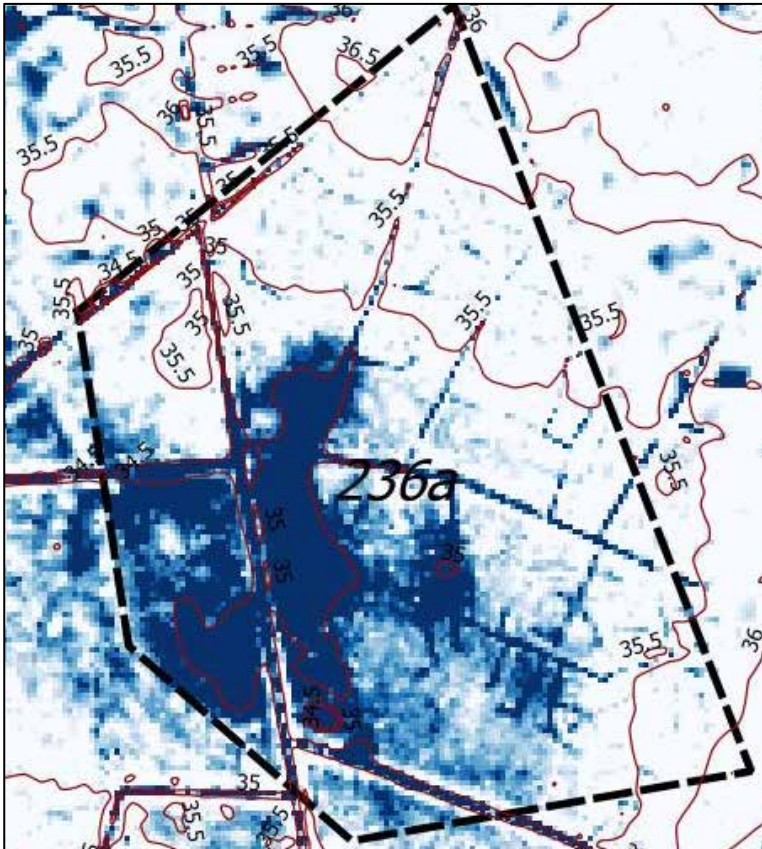
# Giesegaard distrikt - bluespotkort

Afdeling	Klasse
230a	Usund
147b	Sund, enkelte døde
170a	Sund, enkelte døde
228a	Usund
236a	Usund
240a	Sund, enkelte døde

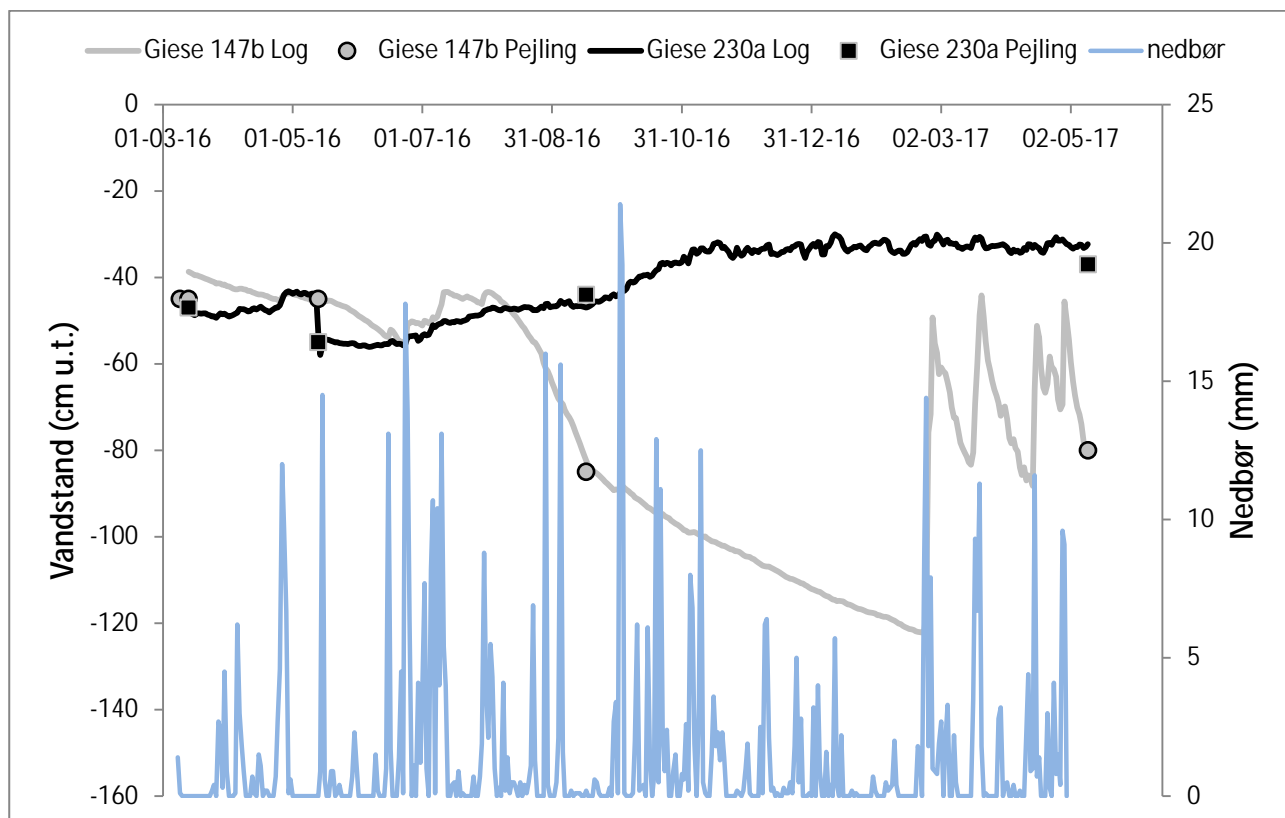








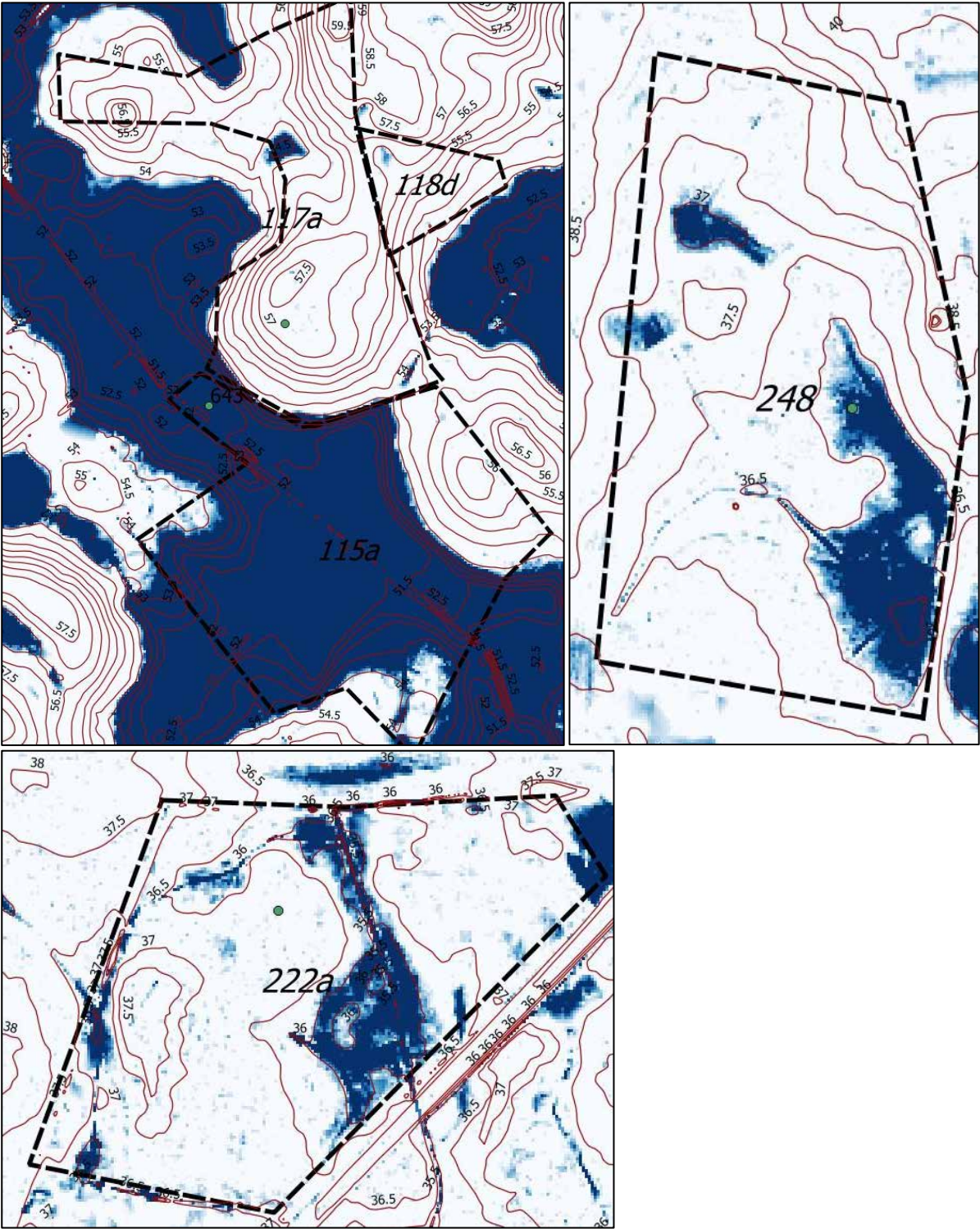
## Måling af grundvandsstand





Svenstrup - bluespotkort

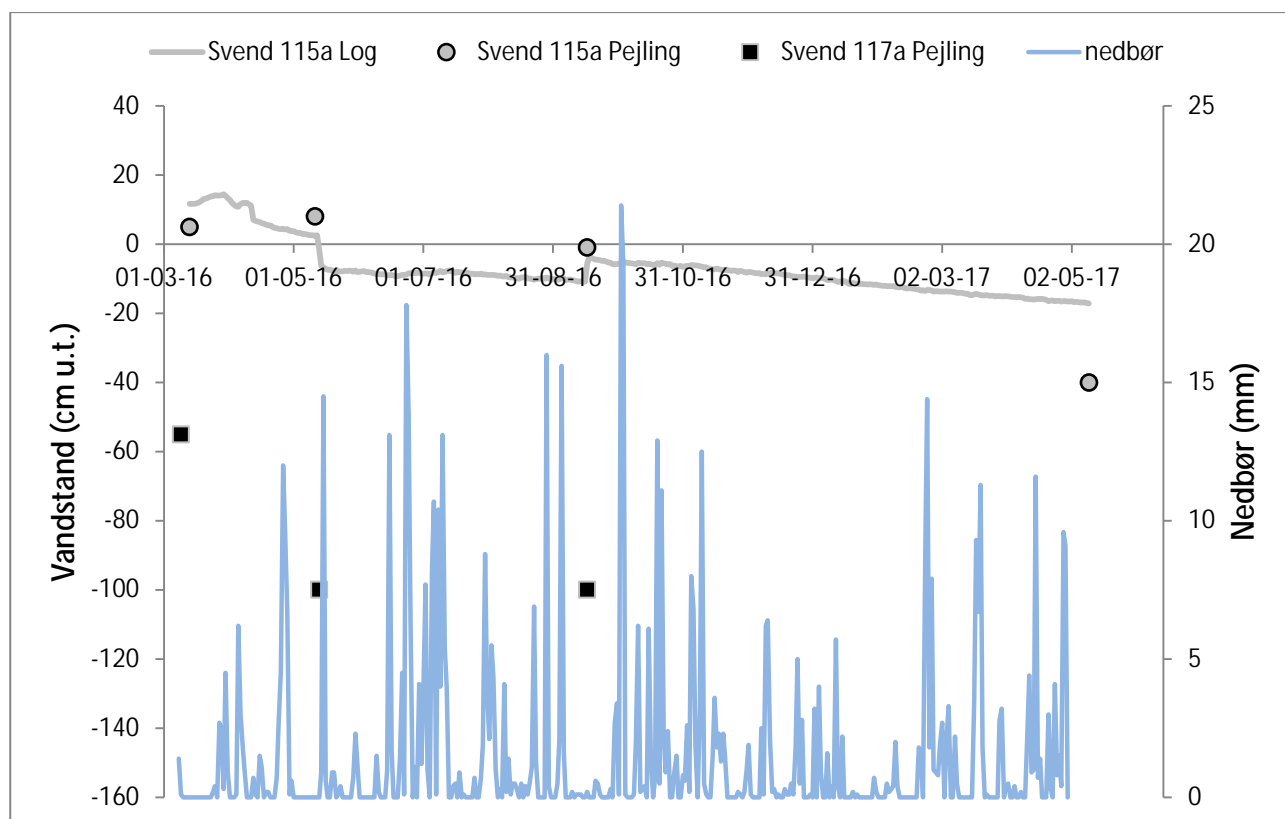
Afdeling	Klasse
117a	Sund
115a	Usund
248	Usund



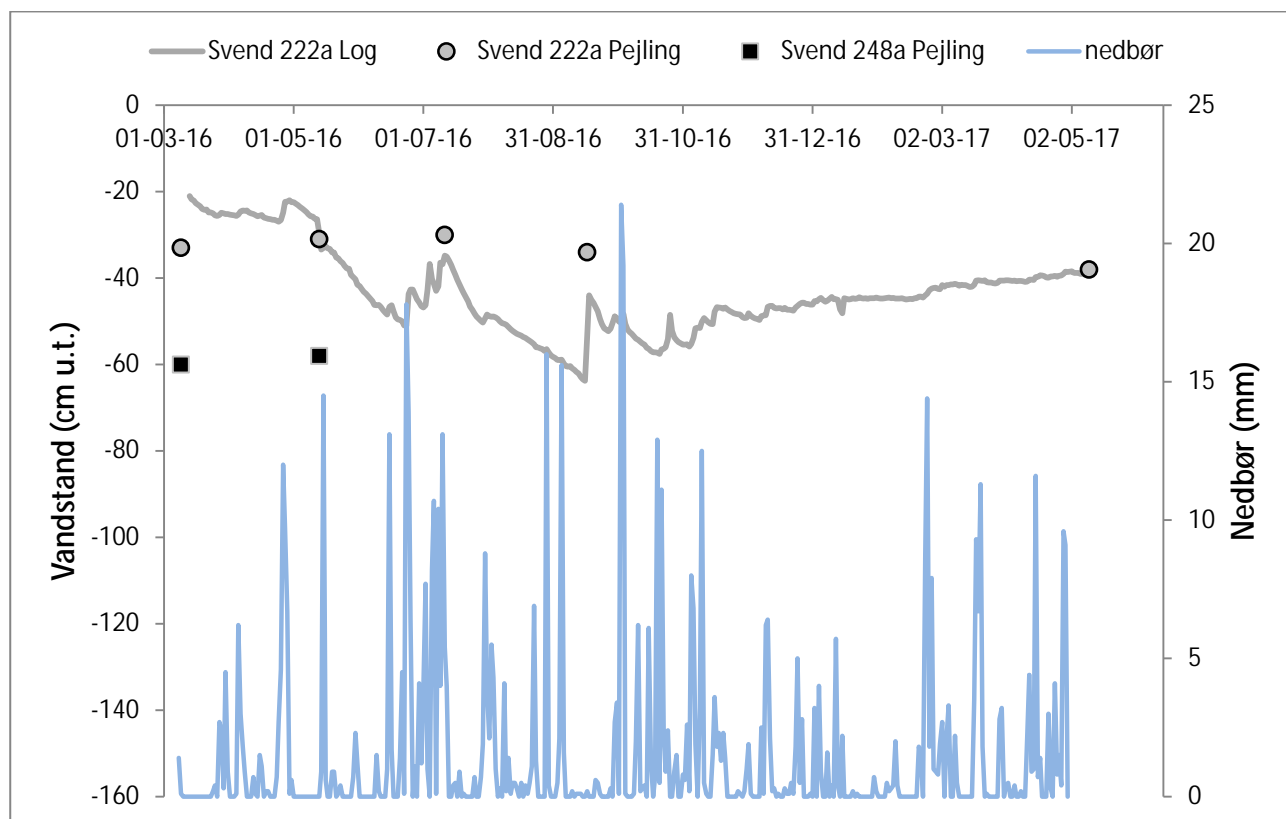


Svenstrup distrikt: Måling af grundvandsstand

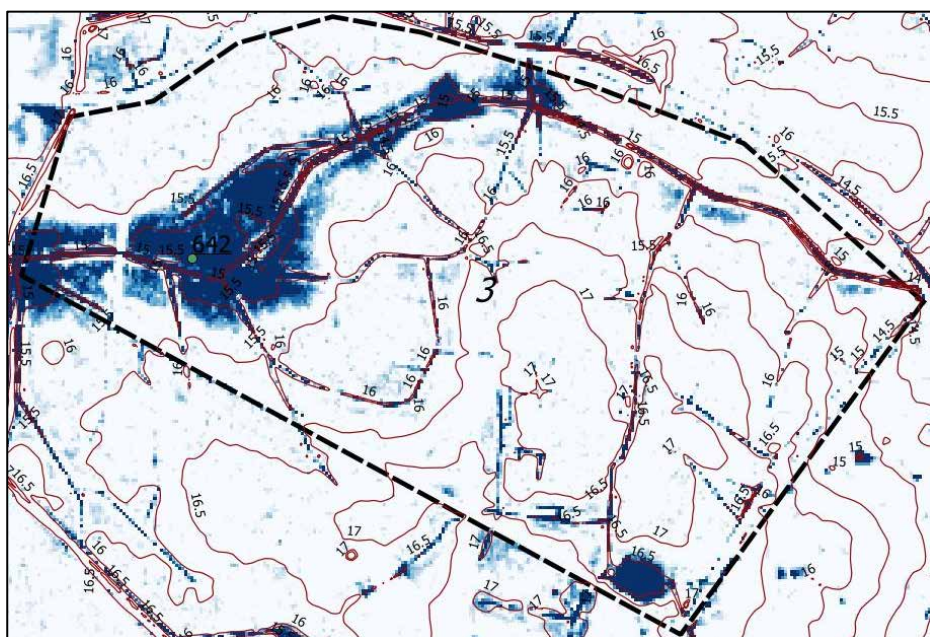
Svenstrup	
Afdeling 115a	Usund. Helt oversvømmet i foråret 2016.
Afdeling 117a	Sund. Måling ved 100 cm: tørt rør, dvs mindst 100 cm.

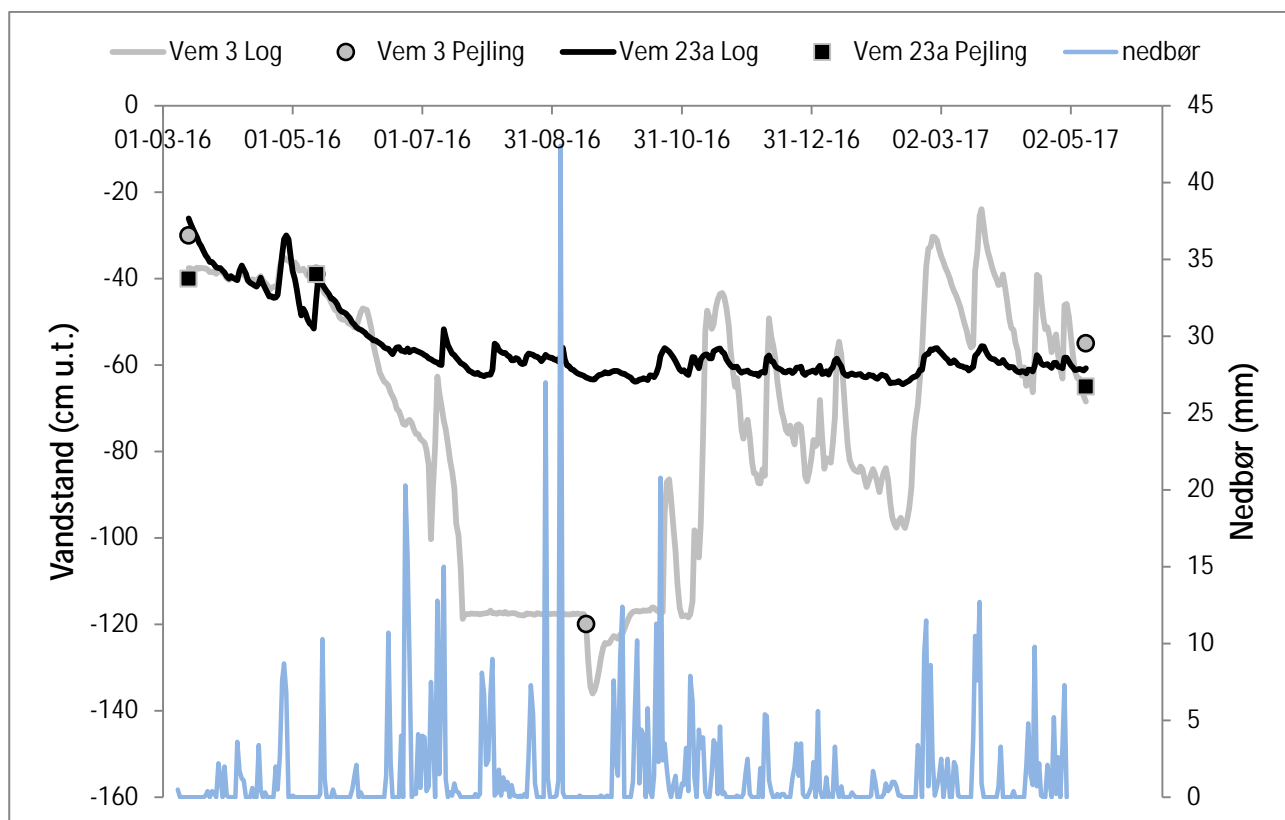


Svenstrup	Klasse
Afdeling 222a	Usund.
Afdeling 248a	Usund. Kun manuelle pejlinger i lavning.

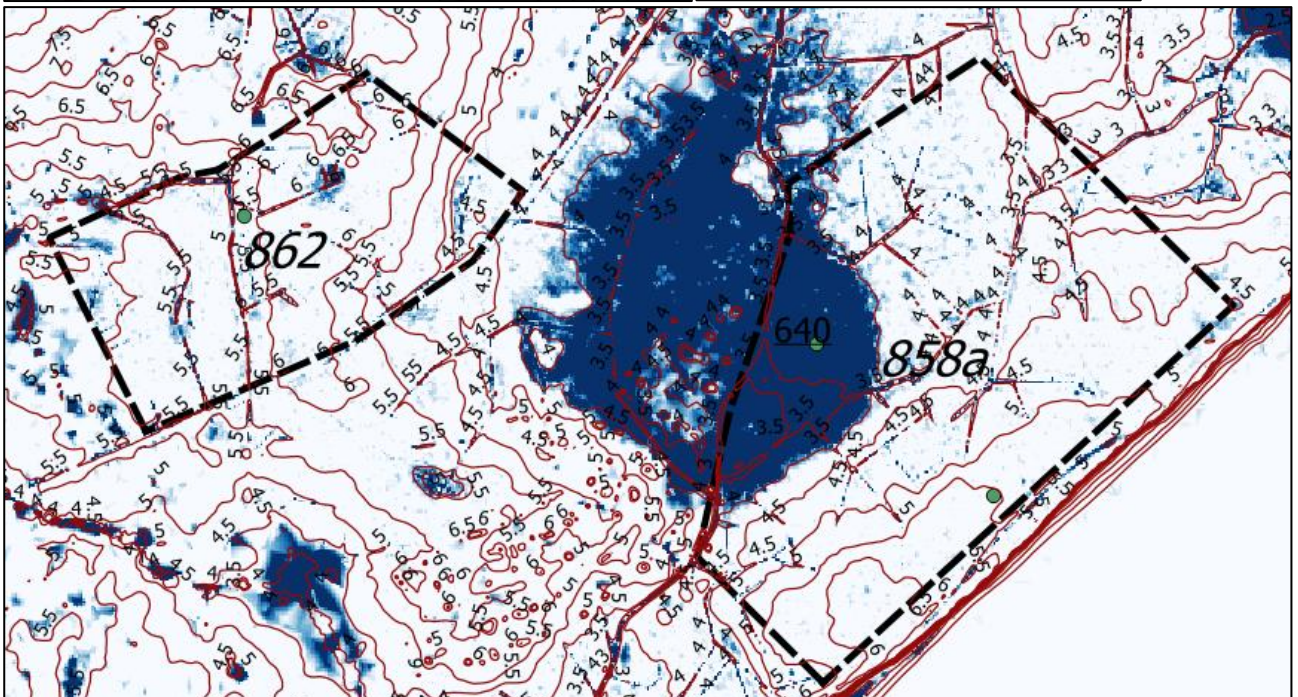
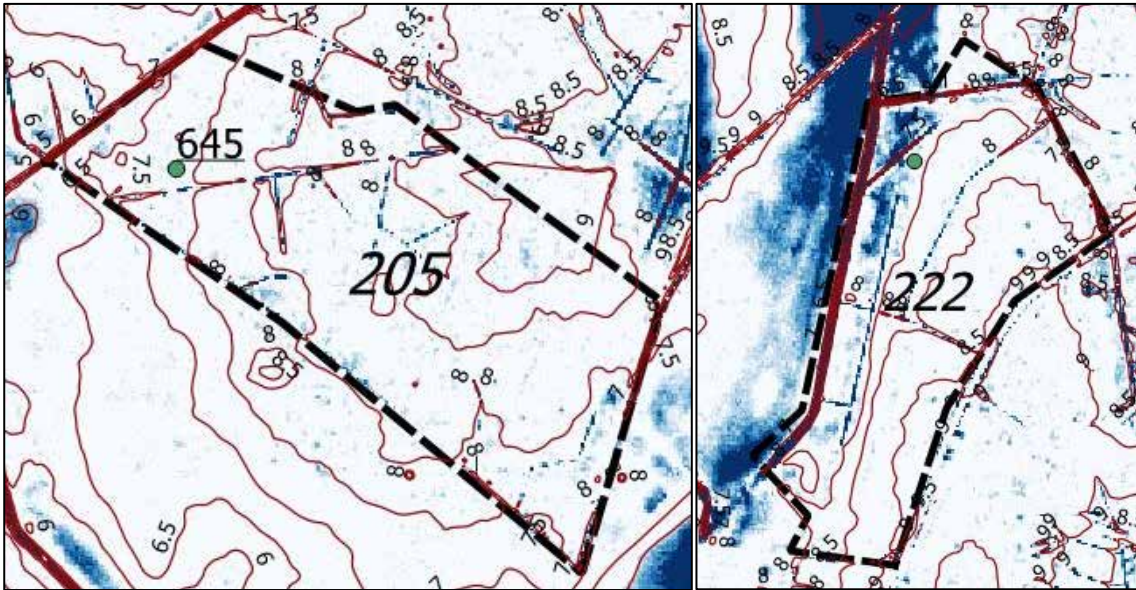


Vemmetofte	Klasse
Afdeling 3	Sund
Afdeling 23a	Usund





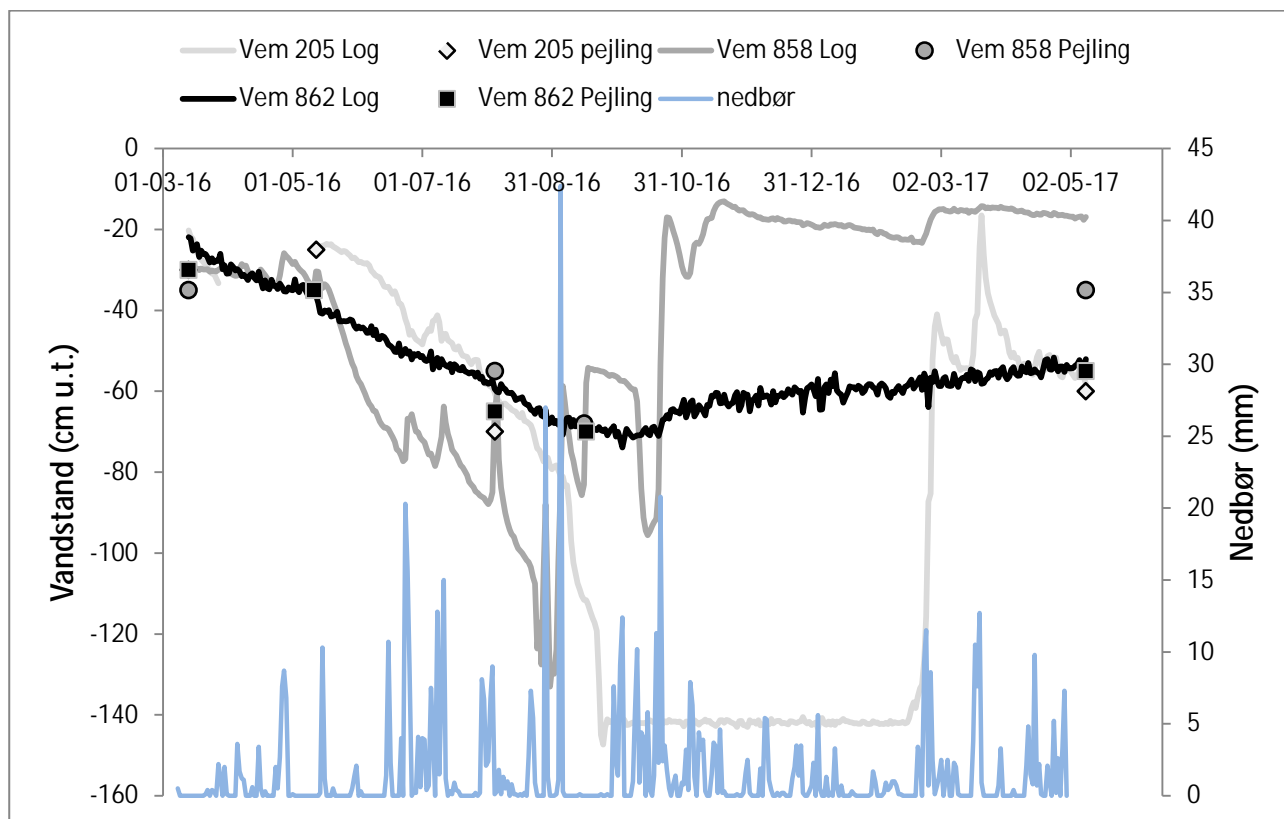






## Måling af grundvandsstand

Vemmetofte	Klasse
Afdeling 862	Usund
Afdeling 858	Usund
Afdeling 205	Sund



KØBENHAVNS UNIVERSITET

INSTITUT FOR GEOVIDENSKAB  
OG NATURFORVALTNING

ROLIGHEDSVEJ 23  
1958 FREDERIKSBERG

TLF. 35 33 15 00  
IGN@IGN.KU.DK  
WWW.IGN.KU.DK